

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-122521

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl. H04N 5/225
H04N 5/232
H04N 5/765
H04N 5/92

(21)Application number : 10-147491 (71)Applicant : SONY CORP
(22)Date of filing : 28.05.1998 (72)Inventor : YAMASHITA NORIYUKI

(30)Priority

Priority number : 09216317 Priority date : 11.08.1997 Priority country : JP

(54) DIGITAL IMAGE PICKUP DEVICE AND IMAGE PICKUP METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a panorama image with 360 degrees regardless of a few operations.

SOLUTION: Distortion is corrected for a photographed image (S1). Border processing to connect 5 images at maximum seamlessly in the longitudinal direction is conducted (S2). Conversion processing from a plane coordinate into a cylindrical coordinate is applied to the image long longitudinally (S3). Whether or not longitudinal border processing is finished is discriminated for the image placed to the right (S4)and when not finishedthe control transits to the step S1and when finishedthe control transits to the step S5. Border processing of connecting the two longitudinally long images seamlessly in the lateral direction is conducted (S5). Whether or not the lateral border processing for 360 degrees is finished is discriminated (S6)and when not finishedthe control transits to the S1and when finishedthe control transits to the S7. Border processing to connect the images endlessly is conducted and a panorama image with 360 degrees is generated (S7). The panorama image is stored as a file (S8).

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]With various kinds of sub dataat the time of recordphoto two or more pictures with an image sensorchanging an optic axis quickly in all directionscarry out digital image compression of the imaging signalrecord on a recording mediumand at the time of reproduction. It is a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing meansSo that it has an optic-axis scanning block and a photograph is taken in the 1st predetermined direction of number of sheetsan optic axis may be changed next to a picture photoed at the end after photography of the 1st above-mentioned predetermined direction of number of sheets is completedand a photograph may be taken in the 1st above-mentioned predetermined direction of number of sheetsA digital imaging device obtaining two or more image picks which have a portion which changes an optic axismakes it correspond with change of the above-mentioned optic axisrotates a main part of an imaging device in the 2nd directionand overlaps mutually by the above-mentioned optic-axis scanning block.

[Claim 2]A digital imaging devicewherein the above-mentioned optic-axis scanning block becomes removable to a main part of an imaging device in claim 1.

[Claim 3]A digital imaging device using the above-mentioned optic-axis scanning block in claim 1 also where the above-mentioned main part of an imaging device is rotated 90 degrees.

[Claim 4]A digital imaging device characterized by making it change to a state of looking far automatically in claim 1 when it equips with the above-mentioned optic-axis scanning block.

[Claim 5]A digital imaging device controlling a motion of the above-mentioned optic-axis scanning block for an angular velocity sensor of the latitude direction to detect a shaking hand of the latitude directionand to negate the above-mentioned shaking hand in claim 1.

[Claim 6]A digital imaging device characterized by recording data in which the direction of the above-mentioned main part of an imaging device is shown with image data which detects and records speed of horizontal rotation with an angular velocity sensor of the longitude direction in claim 1and making it use it as a parameter at the time of image processing after reproducing the above-mentioned direction.

[Claim 7]A digital imaging device specifying beforehand into what time of a single image a pixel number of a lengthwise direction of a picture eventually acquired after processing is made in claim 1.

[Claim 8]With various kinds of sub dataat the time of recordphoto two or more pictures with an image sensorchanging an optic axis quickly in all directionscarry out digital image compression of the imaging signalrecord on a recording mediumand at the time of reproduction. It is an imaging method which uses a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing meansSo that it has an optic-axis scanning block and a photograph is

taken in the 1st predetermined direction of number of sheets an optic axis may be changed next to a picture photoed at the end after photography of the 1st above-mentioned predetermined direction of number of sheets is completed and a photograph may be taken in the 1st above-mentioned predetermined direction of number of sheets. An imaging method obtaining two or more image picks which have a portion which changes an optic axis makes it correspond with change of the above-mentioned optic axis rotates a main part of an imaging device in the 2nd direction and overlaps mutually by the above-mentioned optic-axis scanning block.

[Claim 9] With various kinds of sub data at the time of record photo two or more pictures with an image sensor changing an optic axis quickly in all directions carry out digital image compression of the imaging signal record on a recording medium and at the time of reproduction. When photoing two or more above-mentioned pictures with an image sensor are an imaging method which uses a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing means change a lens into a looking-far state and by processing of a described image data processing means. An imaging method connecting two or more image picks seamlessly and generating a high-definition panoramic image.

[Claim 10] An imaging method characterized by changing into a plane picture from a cylinder picture connected seamlessly and making it display in claim 9 when the above-mentioned panoramic image is reproduced.

[Claim 11] With various kinds of sub data at the time of record photo two or more pictures with an image sensor changing an optic axis quickly in all directions carry out digital image compression of the imaging signal record on a recording medium and at the time of reproduction. It is a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing means. It has an image sensor supporter which is horizontal and is rotated perpendicularly for an optic axis of an image sensor. So that a photograph is taken in the 1st predetermined direction of number of sheets an optic axis may be changed next to a picture photoed at the end after photography of the 1st above-mentioned predetermined direction of number of sheets is completed and a photograph may be taken in the 1st above-mentioned predetermined direction of number of sheets. A digital imaging device obtaining two or more image picks which have a portion which changes an optic axis and overlaps mutually with the above-mentioned image sensor supporter.

[Claim 12] With various kinds of sub data at the time of record photo two or more pictures with an image sensor changing an optic axis quickly in all directions carry out digital image compression of the imaging signal record on a recording medium and at the time of reproduction. It is an imaging method which uses a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing means. It has an image sensor supporter which is horizontal and is rotated perpendicularly for an optic axis of an image sensor. So that a photograph is taken in the 1st predetermined direction of number of sheets an optic axis may be changed

next to a picture photoed at the end after photography of the 1st above-mentioned predetermined direction of number of sheets is completed and a photograph may be taken in the 1st above-mentioned predetermined direction of number of sheets. An imaging method obtaining two or more image picks which have a portion which changes an optic axis and overlaps mutually with the above-mentioned image sensor supporter.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] In this invention it is related with the digital imaging device applied for example to digital VCR (video cassette recorder).

Therefore it is related with the digital imaging device and imaging method which can obtain especially a panoramic image easily.

[0002]

[Description of the Prior Art] Recently a still picture is photoed the still picture is downloaded to a computer and the usage of performing favorite processing is established. It is able to market variously the application software treating a bitmap file (an extension is BMP) and to display a thing 25 times the size ($3200 \times 2400 = 7680000$ pixels) of VGA ($640 \times 480 = 307200$ pixels) as capability by the side of a computer. Even if it expands this picture in all directions [5 times as many / each] it is obvious that sufficient resolution is obtained. And since it can scroll vertically and horizontally expanded a map and a text are also seen.

[0003] The cheap video camera which can photo the still picture of such a multi pixel now does not exist. However a cheap multi pixel CCD image sensor will be made soon and this problem will be solved. However however a CCD image sensor may progress it may not be able to do. It is the omnidirection photography containing an ultra wide angle photograph an indoor floor and a ceiling. If it is going to see all the directions scrolling in all directions at the time of reproduction two or more screens must be photographed.

[0004] The lens is made into the zoom state and a multi screen is photoed [while mainly changing an optic axis to a lengthwise direction quickly by the biaxial active mirror to which latitude longitude can be changed freely and] changing the direction of a video camera slowly. In this way the recorded image data of two or more sheets is downloaded to a personal computer (personal computer) processing which connects seamlessly amendment and the boundary of distortion which takes place since the optic axis was shaken with attached dedicated software is carried out and if surface-of-a-sphere conversion is carried out further the multi pixel wide angle still picture of

one sheet will be obtained. However if such software has the bad conditions at the time of photography the distant view and plane picture which do not operate correctly are hardly problematic but in the case of the photographic subject which is a short distance and has depths since it is azimuth difference if the entrance pupil of the lens of all the adjoining pictures is not in agreement it cannot tie seamlessly. This is not the problem of software but a problem at the time of photography. Although it is necessary to change the direction of a video camera making it not change the position of an entrance pupil into solving this the position of an entrance pupil changes also by zoom and it is impossible with a stock.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus in the conventional video camera when the panoramic image of 360 degrees was photoed the shutter had to be pushed repeatedly. And since a knot was not connected with pasting two or more photoed pictures together very much smoothly it took time and effort considerably.

[0006] Therefore the purpose of this invention is to provide the digital imaging device and imaging method which can obtain the panoramic image of 360 degrees by little operation.

[0007] There are other purposes of this invention in providing the digital imaging device and imaging method which can form a high-definition panoramic image when obtaining a panoramic image by connecting seamlessly two or more field images obtained with zoom.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The invention according to claim 1 photos two or more pictures with an image sensor at the time of record changing an optic axis quickly in all directions With various kinds of sub data carry out digital image compression of the imaging signal record on a recording medium and at the time of reproduction. It is a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing means So that it has an optic-axis scanning block and a photograph is taken in the 1st predetermined direction of number of sheets an optic axis may be changed next to a picture photoed at the end after photography of the 1st predetermined direction of number of sheets is completed and a photograph may be taken in the 1st predetermined direction of number of sheets It is a digital imaging device obtaining two or more image picks which have a portion which changes an optic axis makes it correspond with change of an optic axis rotates a main part of an imaging device in the 2nd direction and overlaps mutually by an optic-axis scanning block.

[0009] The invention according to claim 8 photos two or more pictures with an image sensor at the time of record changing an optic axis quickly in all directions With various kinds of sub data carry out digital image compression of the imaging signal record on a recording medium and at the time of reproduction. It is an imaging method which uses a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits

data to a image-data-processing means So that it has an optic-axis scanning block and a photograph is taken in the 1st predetermined direction of number of sheets an optic axis may be changed next to a picture photoed at the end after photography of the 1st predetermined direction of number of sheets is completed and a photograph may be taken in the 1st predetermined direction of number of sheets It is an imaging method obtaining two or more image picks which have a portion which changes an optic axis makes it correspond with change of an optic axis rotates a main part of an imaging device in the 2nd direction and overlaps mutually by an optic-axis scanning block.

[0010] The invention according to claim 9 photos two or more pictures with an image sensor at the time of record changing an optic axis quickly in all directions With various kinds of sub data carry out digital image compression of the imaging signal record on a recording medium and at the time of reproduction. When photoing two or more pictures with an image sensor are an imaging method which uses a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing means change a lens into a looking-far state and by processing of a image-data-processing means. It is an imaging method connecting two or more image picks seamlessly and generating a high-definition panoramic image.

[0011] The invention according to claim 11 photos two or more pictures with an image sensor at the time of record changing an optic axis quickly in all directions With various kinds of sub data carry out digital image compression of the imaging signal record on a recording medium and at the time of reproduction. It is a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing means It has an image sensor supporter which is horizontal and is rotated perpendicularly for an optic axis of an image sensor So that a photograph is taken in the 1st predetermined direction of number of sheets an optic axis may be changed next to a picture photoed at the end after photography of the 1st predetermined direction of number of sheets is completed and a photograph may be taken in the 1st predetermined direction of number of sheets It is a digital imaging device obtaining two or more image picks which have a portion which changes an optic axis and overlaps mutually with an image sensor supporter.

[0012] The invention according to claim 12 photos two or more pictures with an image sensor at the time of record changing an optic axis quickly in all directions With various kinds of sub data carry out digital image compression of the imaging signal record on a recording medium and at the time of reproduction. It is an imaging method which uses a digital imaging device of a method which carries out picture extension and transmits data to a image-data-processing means It has an image sensor supporter which is horizontal and is rotated perpendicularly for an optic axis of an image sensor So that a photograph is taken in the 1st predetermined direction of number of sheets an optic axis may be changed next to a picture photoed at the end after photography of the 1st predetermined direction of number of sheets is completed and a photograph may

be taken in the 1st predetermined direction of number of sheetsIt is an imaging method obtaining two or more image picks which have a portion which changes an optic axis and overlaps mutually with an image sensor supporter.

[0013]A lens is made into a zoom stateand a multi screen is photoed [while mainly changing an optic axis to a lengthwise direction quickly by a biaxial active mirror to which latitude longitude can be changed freelyand]changing the direction of a video camera slowly. In this wayrecorded image data of two or more sheets is downloaded to a personal computer (image-data-processing means)and if amendment of distortion which takes place since an optic axis was shaken with attached dedicated softwareconversion to cylindrical coordinatesand processing which connects a boundary seamlessly are performeda multi pixel wide angle still picture of one sheet will be obtained. This multi pixel wide angle still picture of one sheet is transformed inversely and displayed on a plane picture which suited a degree of scaling at a field angle at that time whenever it was scrolling. Since two or more pictures are acquired by making a lens into a zoom statea high-definition panoramic image can be formed by connecting all the acquired pictures seamlessly. A multi screen can be photoed by horizontal and forming perpendicularly an image sensor supporter which rotates an image sensor and to which an optic axis is changed instead of a biaxial active mirror.

[0014]

[Embodiment of the Invention]Hereafterone embodiment of this invention is described with reference to drawings. Drawing 1 is a block diagram showing one embodiment of the digital imaging device which can apply this invention. Firstthe photographic subject shown by 1 enters into the lens block 2 via the mirror block 18. The mirror block 18 can be removable so that it may mention laterand it can also rotate 90 degrees. The lens block 2 is driven by the focus servo 11. The focus servo 11 is controlled by the system component (system controller) 15. The photographic subject 1 which entered into the lens block 2 is supplied to CCD image sensor 3.

[0015]As for CCD image sensor 3the incident light from the photographic subject 1 is accumulated as an electric charge. The control signal from the system component 15 is supplied to the electronic shutter drive circuit 12and ON and OFF of the electronic shutter of CCD image sensor 3 is controlled by the electronic shutter drive circuit 12. The electronic shutter of CCD image sensor 3 drivesand the supplied photographic subject 1 is incorporated by this as mentioned above. The incorporated photographic subject 1 is supplied also to the record terminal (Rec) of the switch 8 while it is digitized by the A/D converter (not shown) and is once supplied to the image memory 7 via the compression circuit 4 as a digital imaging signal (a picture signal is called hereafter).

[0016]While a picture signal is displayed on the electronic view finder (EVF) 9 via the switch 8it is outputted to an external personal computer via the video output terminal 10. The electronic view finder 9 consists of liquid crystal displays as an example.

[0017]The image memory 7 has the capacity which memorizes the picture of the

number field. As for the picture signal memorized by this image memory 7 compression processing is performed one by one by the compression circuit 4. As an example JPEG (Joint Photographic Experts Group) is given to the picture captured as a still picture and MPEG (Moving Picture Experts Group) is given to the picture captured as an animation. The sub data from the sub-data additional circuit 13 are added to the generated picture signals set. The picture signals set with which sub data were added is supplied to the recording medium 5. The sub data supplied from the sub-data additional circuit 13 are information when picture signals such as the date time a focus condition shutter speed a state of a diaphragm the total number of sheets the how many sheets a direction and ... are photoed for example. The picture signals set and sub data which were supplied to the recording medium 5 are recorded according to control of the system component 15. As an example of this recording medium 5 it is usable in recording media such as a semiconductor memory card a disk shape recording medium or a tape shaped recording medium.

[0018] A picture signals set is read from the recording medium 5 by control of the system component 15 according to the specification from the operating system 16. The read picture signals set is once supplied to the image memory 7 via the expansion circuit 6. Elongation processing is performed one by one by the expansion circuit 6 to the picture signals set recorded on the image memory 7 namely decoding of JPEG or MPEG is made. The sub data separated from the picture signals set are supplied to the sub-data reading circuit 14. The elongated picture signal is supplied to the reproduction terminal (PB) of the switch 8 from the expansion circuit 6. In the sub-data reading circuit 14 information including the date time a focus condition shutter speed the state of a diaphragm the total number of sheets the how many sheets a direction ... etc. is read in the supplied sub data and the information is supplied to the system component 15.

[0019] Concrete operation is explained. At the time of record the electronic view finder 9 is looked into a focus is doubled and if the recording key contained in the operating system 16 is pressed the photographic subject 1 will pass along the lens block 2 and will enter into CCD image sensor 3. This imaging signal is once memorized by the image memory 7 and processing of graphical data compressions such as JPEG or MPEG is performed one by one by the compression circuit 4. And in addition to time etc. from the sub-data additional circuit 13 sub data such as a state of a diaphragm a focus condition and electronic shutter speed are added to a picture signals set and are recorded on the recording media 5 such as a tape a disk or semiconductor memory.

[0020] And a picture signals set is read for example from the recording medium 5 at the time of reproduction and it records it on the image memory 7. It restores to the recorded picture signals set one by one to a picture signal by the expansion circuit 6. At this time sub data are taken out in the sub-data reading circuit 14 and the target picture is outputted to the electronic view finder 9 and the video output terminal 10.

[0021]An example of the appearance of this digital imaging device is shown in drawing 2. As shown in drawing 2 on the main part of an imaging device the electronic view finder 9 is arranged and it has the still more nearly removable mirror block 18. As shown in drawing 2 A the main part of an imaging device can capture an oblong image via the mirror block 18. As shown in drawing 2 B also where 90 degrees of main parts of an imaging device are rotated the main part of an imaging device can be equipped with the mirror block 18. In this case 90 degrees of mirror blocks 18 rotate and are attached and the image of a longwise direction can be captured by that wearing. After removing the mirror block 18 it may be made to attach although the mirror block 18 may be rotated at this time connected with the main part of an imaging device.

[0022]Next a perimeter panoramic image is photoed 360 degrees using the digital imaging device (a video camera is called hereafter) which can photo a multi screen changing an optic axis quickly in all directions. A user equips with the lens block 2 in the longwise mode specifies the vertical number of sheets N_v and the overlapping rate K_h that effective number of sheets $N_e = N_v - (1 - K_h)$ does not exceed 5 sets it in panoramic exposure mode pushes a start button and he does a RRC slowly with a video camera having. It remains 1 round and a stop button will be pushed if it rotates. The optic axis of a biaxial active mirror repeats operation suitable for the position of 1-10 which are shown in drawing 3 A per 1 field during this photography. The photographic subject photoed since the whole video camera rotated rightward while the mirror required this operation comes to be shown in drawing 3 B and while all the screens maintain areas of overlap it is recorded.

[0023]When the speed to rotate is proper it comes to be shown in drawing 3 B but when the speed to rotate is slow it comes to be shown in drawing 3 C. It is satisfactory only by areas of overlap increasing at this time and a tape amount of consumption increasing. However if the speed to rotate is too early will come to be shown in drawing 3 D and it becomes impossible to secure areas of overlap and a missing part will be produced.

[0024]If an aspect ratio is 4:3 when horizontal angles of view $\theta_{H_1} = 5^\circ$ is made into the longwise mode horizontal angles of view serve as 2 and $\theta_{H_2} = 5 \times 3/4 = 3.75^\circ$. When an overlapping rate is made into $K_h = 20\%$ by vertical number of sheets $N_v = 5$ the number of sheets N required of the perimeter is $N = N_v \text{ and } 360 / (2 \text{ and } \theta_{H_2} - (1 - K_h))$.

= It becomes $5 \times 360 / (3.75 \times 0.8) = 600$ sheet.

[0025]If the image pick-up number of sheets per second is set to $f = 60$ (a sheet/a second) the time T required for the perimeter will be $T = N/f = 600/60 = 10$ (second). It becomes.

[0026]Therefore what is necessary is to display time for 90 degrees to rotate and just to urge cautions that it is not made to rotate absolutely (in this case 2.5 seconds) more quickly than this value. A recommended value is made into about 5 seconds. What is necessary is to enlarge N_v and K_h and just to photograph them over many

hours in order to reduce the problem of azimuth difference to photograph a scene with depth. The speed of rotation under photography is detected using an angular velocity sensor and when a possibility that the picture was missing is high the warning which stimulates restarting is displayed in a screen.

[0027] Although a mirror is operated to a lengthwise direction and the video camera is operated in the transverse direction in this example a mirror is operated in a transverse direction and it may be made to operate a video camera to a lengthwise direction.

[0028] In this way a set of the obtained plane picture is downloaded to a personal computer and an example which performs various kinds of processings with dedicated software on the personal computer is explained using the flow chart of drawing 4. In Step S1 to the photoed picture the conversion process from plane coordinates to cylindrical coordinates is performed so that it may be mentioned later. In Step S2 distortion correction is performed to the picture changed into cylindrical coordinates. In Step S3 boundary processing which connects the picture of a maximum of five sheets with a lengthwise direction seamlessly is performed. In step S4 when it is judged whether boundary processing of a picture on the right and a lengthwise direction was completed to the longwise picture to which boundary processing was performed and boundary processing of a lengthwise direction is not completed control moves to Step S1 and when having ended control moves to Step S5.

[0029] In Step S5 boundary processing which connects two longwise picture comrades with a transverse direction seamlessly is performed. In Step S6 when it is judged whether boundary processing of the transverse direction for 360 degrees was completed and boundary processing of the transverse direction for 360 degrees is not completed control moves to Step S1 and when having ended control moves to Step S7. In Step S7 boundary processing for tying to endless in the place around which it went is performed and as a result the panoramic image of the perimeter is generated 360 degrees. In Step S8 the generated panoramic image of one sheet is saved as a file.

[0030] The display on a screen is explained. The picture of one sheet has the resolution of 480 pixels by the horizontal angles of view 3.75 (deg) at the time of photography. About this if seamless processing is performed over the perimeter it will become $x(360/3.75)480=46080$ pixel. In a lengthwise direction if the ratio of consumed water by duplication is made into 80% in the multi screen of five sheets it will become $640 \times 5 \times 0.8=2560$ pixel and will become 117964800 pixels on the whole. An aspect ratio is 1:18.

[0031] If it indicates by the whole it will be divided and displayed on a three-stage. The graduation of a direction is displayed simultaneously. In the starting point a terminal point will be 360 degrees at 0 times. It can display to 400 degrees if needed. Although the upper left and the lower right are originally continuing within the file they are the starting point and a terminal point. When color-printing the starting point can be set up freely and a display also changes according to it. That is setting out of relative bearing

can be performed. For example a certain specific position can be made into 0 times and it can display on the right to +180 degrees and can display on the left to -180 degree. [0032] A direction can also be set up absolutely. If it is set up when the direction of north-southeast and west is known an azimuth ring and north-southeast and west will be displayed. the straw matting which writes together the azimuth ring of these at the time of a color-print -- it can also delete. On the screen of a personal computer if enlarging buttons are left-clicked it will expand by one step and if a reduction button is left-clicked it will be reduced by one step. In the state where it was expanded if a screen top is dragged it can scroll in all directions.

[0033] Here the relation between a photographic subject and a CCD image sensor is explained using drawing 5 as the foundation of a multi screen. The flat-surface photographic subject of the rectangle of transverse size $2L_H$ which is in the distance of L (mm) from a CCD image sensor as shown in drawing 5 longitudinal size $2L_V$ (mm) and aspect ratio A can take a photograph correctly. There is a video camera of horizontal-angles-of-view $2\theta_H$ (rad). Then $L_H = L \cdot \tan(\theta_H)$ (1)

$$L_V = L_H / A \quad (2)$$

** -- a formula is realized like.

[0034] This flat surface is made into a h-v flat surface and as shown in drawing 6 A the starting point (00) is arranged at the center. The center of the meshes of a net which divided the field of $L_H \times L_V$ on a h-v flat surface into 640×480 is projected on drawing 6 B like $i = 0-639$ on a CCD image sensor and $j = 0-479$. Therefore coordinates (ij) and the relation of (h1v1) are $h1 = (i - 319.5) - (L_H / 320)$ (3).

$$v1 = (j - 239.5) - (L_V / 240) \quad (4)$$

It becomes. However i and j are integers and $h1$ and $v1$ are the real numbers.

[0035] The relation between the coordinates on a CCD image sensor and the direction of light is explained using drawing 7. It asks for the relation of the point (h1v1) and the deviation from an optic axis of supporting the arbitrary points (ij) within the i-j flat surface of a CCD image sensor according to drawing 7. Longitude will be $P1 = \tan^{-1}(L/h1)$ if it is a function of only $h1$ and this is set to $P1$ (5).

$$\text{the distance between AB(s) in a next door and drawing 7 -- } Li -- Li = L / \sin(P1) \quad (6)$$

It comes out and it is and latitude serves as a function of $h1$ and $v1$. If this is set to $Q1$ it will be $Q1 = \tan^{-1}(v1/Li)$ (7).

It becomes. Thus if i and j are decided the longitude $P1$ and the latitude $Q1$ corresponding to it will be decided.

[0036] Next the direction of the longitude $P1$ and the latitude $Q1$ which were called for is expressed with a three-dimensional vector. When the direction vector $D1$ (length 1) of ($P1Q1$) is expressed with rectangular coordinates (xyz) as it is shown in drawing 8 they are $x1 = \cos(P1)$ and $\cos(Q1)$ (8).

$$y1 = \sin(P1) \text{ and } \cos(Q1) \quad (9)$$

$$z1 = \sin(Q1) \quad (10)$$

It becomes.

[0037]When only L2 carries out parallel translation of the lens in the direction of $-y$ within rectangular coordinates the position O2 of a lens is set to $ox2=0oy2=-L2oz2=0$.

[0038]And it will be set to $x2=x1y2=y1-L2x2=z1$ if only L2 moves in the direction of $-y$ also in the tip D2 of a direction vector.

[0039]When only Qa rotates a video camera around a x axis here the center O3 of a lens and the tip D3 of a direction vector are $ox3=ox2oy3=oy2\cos(Qa)+oz2$ and $\sin(Qa)$.
 $oz3=-oy2\sin(Qa)+oz2$ and $\cos(Qa)$

$x3=x2y3=y2\cos(Qa)+z2$ and $\sin(Qa)$

$z3=-y2\sin(Qa)+z2$ and $\cos(Qa)$

It becomes.

[0040]When only Pa rotates a video camera to the circumference of the z-axis the center O4 of a lens and the tip D4 of a direction vector are $ox4=ox3$ and $\cos(Pa)+oy3$ and $\sin(Pa)$.

$oy4=-ox3$ and $\sin(Pa)+oy3$ and $\cos(Pa)$

$oz4=oz3x4=x3$ and $\cos(Pa)+y3$ and $\sin(Pa)$

$y4=-x3$ and $\sin(Pa)+y3$ and $\cos(Pa)$

It is set to $z4=z3$.

[0041]And if parallel translation only of xy and the z is carried out in the further 3 directions respectively it is $ox5=ox4+xx$ (11).

$oy5=ox4+yy$ (12)

$oz5=oz4+zz$ (13)

$x5=x4+xx$ (14)

$y5=x4+yy$ (15)

$z5=z4+zz$ (16)

It becomes.

[0042]Thus O5 obtained and D5 change a direction focusing on the point ahead of [L2] a lens (mm) and they show the center and direction of the lens of [when it moves to up-and-down front and rear right and left further].

[0043]Here using drawing 9 supposing a video camera being in the room of a rectangular parallelepiped the pattern of a wall or a ceiling is in sight how a simulation is performed. As shown in drawing 9 B let altogether the pattern of six fields shown in drawing 9 A be a black lattice at a white ground. Width of the line a nigra on a memory is set to $bl=2$ width of a white portion is set to $wh=8$ the number of the line a nigra of a x direction is set to $xlin=9$ the number of the line a nigra of a y direction is set to $ylin=11$ and the number of the line a nigra of the direction of z is set to $zlin=7$. Then the size of the three directions of [on a memory] is set to $xsiz=xlin$ and $(bl+wh) - wh=82$ $ysiz=ylin$ and $(bl+wh) - wh=102$ $zsiz=zlin$ and $(bl+wh) - wh=62$.

[0044]In order to make it a distinction in every direction known a little white level of one corner of each field is lowered and it is considered as a mark. In order to obtain actual size on the other hand when interval $kyori=1000$ of two line a nigra 0 (mm) is given the ratio of the half the price $xmax$ of actual size to the memory size $xsiz$ It is

$k2 = kyori / (2 - (bl + wh))$ and the size of the room is set to $xmax = k2 \times siz = 4100$
 $ymax = k2$ and $ysiz = 5100$ $zmax = k2$ and $zsiz = 3100$.

[0045] The center of this rectangular parallelepiped is taken at the starting point and all directions-oriented size is set to $**xmax**ymax$ and $**zmax$ respectively. And a picture as seen is generable by using as an outputted image the value of the memory of the point that the straight line which goes to D5 from O5 of a formula (11) a formula (12) a formula (13) a formula (14) a formula (15) and a formula (16) crosses this rectangular parallelepiped. The rest can see an animation motion if it displays changing each parameter.

[0046] drawing 10 A drawing 10 B drawing 10 C and drawing 10 D are pictures when horizontal size puts a video camera on the position come to be alike of a position exactly from each wall of a transverse plane right behind the left and the right. Drawing 10 A is a picture of the wall of the transverse plane supplied from a video camera and specifically drawing 10 B is a picture of a wall right behind. Drawing 10 C is a picture of a left wall and drawing 10 D is a picture of a right wall. Drawing 10 E is the picture acquired from the video camera which carried out 2-m parallel translation to the right to the front wall and drawing 10 F is the picture acquired from the video camera which turned 2-m parallel translation up to the front wall.

[0047] And a parameter (pa: zz: qa:imax:jmax:lgnum:sel:thh: 2 [xx: / yy:]) when each picture is photoed

Drawing 10 A: (192: 256: 0: Zero [0: / 45: / 0: / 1000: / 0: / 0: / 0:])

Drawing 10 B: (1:0:45:0:-1000:0:180:0:256:192: Zero)

Drawing 10 C: (192: 256: 2: Zero [0: / 45: / 1000: / 0: / 0: / 90: / 0:])

Drawing 10 D: (3:0:45:-1000:0:0:270:0:256:192: Zero)

Drawing 10 E: (192: 256: 4: Zero [0: / 45: / 2000: / 1000: / 0: / 0: / 0:])

Drawing 10 F: (192: 256: 5: Zero [0: / 45: / 0: / 1000: / 2000: / 0: / 0:])

It becomes.

[0048] However a gnum:file number a sel:0:flat surface 1:cylinder side the half (degree) of thh:horizontal angles of view xx:yy:zz:parallel-translation (mm) pa:longitude (in 0 times the left is positive in a transverse plane) qa:latitude (in 0 times a top is positive in a transverse plane) imax:jmax: Consider it as a pixel number. l2 is the distance from a viewpoint to a mirror block and actually since an optic axis rotates focusing on the point of l2 from a viewpoint it has influence of azimuth difference. However in this example it calculates as 0 in false.

[0049] Drawing 11 A is the picture acquired from the video camera shaken 45 degrees upwards to the front wall and drawing 11 B it is the picture acquired from the video camera shaken 45 degrees downward to the front wall drawing 11 C is the picture acquired from the video camera shaken at the left 45 degrees to the front wall and drawing 11 D is the picture acquired from the video camera shaken at the right 45 degrees to the front wall. Drawing 11 E is the picture acquired from the video camera shaken at the upper left 45 degrees to the front wall and drawing 11 F it is the picture

acquired from the video camera shaken at the upper right 45 degrees to the front wall drawing 11 G is the picture acquired from the video camera shaken at the lower left 45 degrees to the front wall and drawing 11 H is the picture acquired from the video camera shaken at the lower right 45 degrees to the front wall.

[0050]The parameter at this time (pa: zz: qa:imax:jmax:lgnum:sel:thh: 2 [xx: / yy:])

Drawing 11 A: (192: 45:256: 6: Zero [0: / 45: / 0: / 0: / 0: / 0:])

Drawing 11 B: (7:0:45:0:0:0:0:-45:256:192: Zero)

Drawing 11 C: (192: 0:256: 8: Zero [0: / 45: / 0: / 0: / 0: / 45:])

Drawing 11 D: (9:0:45:0:0:0:-45:0:256:192: Zero)

Drawing 11 E: (192: 256: 10: Zero [0: / 45: / 0: / 0: / 0: / 45: / 45:])

Drawing 11 F: (11:0:45:0:0:0:45:-45:256:192: Zero)

Drawing 11 G: (12:0:45:0:0:0:-45:45:256:192: Zero)

Drawing 11 H: (13:0:45:0:0:0:-45:-45:256:192: Zero)

It becomes.

[0051]It is more convenient than to make a horizontal axis into a slant range to consider it as an angle when connecting seamlessly two or more pictures which changed and photographed the direction of a video camera. Then conversion which projects a plane picture on a cylinder side is performed. There is a video camera of horizontal-angles-of-view $2\theta_H$ (rad) and aspect ratio A like ****. As shown in drawing 12 B the h-v flat surface of the distance of L (mm) can photograph now in the size of $L_H \times L_V$. As shown in a formula (1) and a formula (2) this beam of light is projected on the cylinder side of radius L (mm) and what only extended this plane is made into a x-y flat surface (drawing 12 A). This is projected on the pixel (tv) of the mesh shape of integer tmaxxvmax (drawing 12 C).

[0052]x corresponding to it when t and v are decided and y are $x = (t - (t_{\max} - 1) / 2) - (2 \text{ and } \theta_H / t_{\max})$ (17).

$y = (v - (v_{\max} - 1) / 2) - (2 \text{ and } L_V / v_{\max})$ (18)

It becomes.

[0053]If the longitude P1 is decided like drawing 12 B they are $P1 = \pi / 2 - x$ (19).

It becomes.

[0054]The latitude Q1 is $Q1 = \tan^{-1}(y/L)$ (20).

It becomes.

[0055]The formula (17) the formula (18) the formula (19) and the formula (20) show how to search for the direction (P1Q1) corresponding to arbitrary pixels (tv). On the other hand the coordinates (h4v4) at which the direction of (P1Q1) crosses a h-v flat surface are $h4 = L / \tan(P1)$.

$v4 = L - \tan(Q1) / \sin(P1)$

It comes out.

[0056]It is obtained from a formula (3) and a formula (4) and the relation between this and the pixel (ij) of a CCD image sensor is $i = (h4 \text{ and } t_{\max} / L_H + t_{\max} - 1) / 2$ (21).

$j = (v4 \text{ and } v_{\max} / L_V + v_{\max} - 1) / 2$ (22)

It becomes.

[0057] These formulas are formulas which search for the point (ij) which extended the coordinates on the CCD image sensor corresponding to a direction (P1Q1) to the real number. If an integer (tv) is given a direction (P1Q1) is searched for and the real number (ij) can be found further next a complement operation will be performed from a number of points of the integer surrounding that point and it will use this value as the data of the point (tv) of cylindrical coordinates.

[0058] An example which actually performed conversion to cylindrical coordinates is shown in drawing 13 and drawing 14. Drawing 13 A installs a video camera in the starting point and photos the picture of a front wall drawing 13 B photos the picture of a right wall and drawing 13 C photos a wall right behind. Thus although drawing 13 A drawing 13 B and drawing 13 C put a transverse plane the right and right behind and a picture in order their knot of each picture is unnatural. Then it is drawing 13 D drawing 13 E and drawing 13 F that changed each into cylindrical coordinates.

[0059] The parameter at this time (pa: zz: qa:imax:jmax:lgnum:sel:thh: 2 [xx: / yy:])

Drawing 13 A: (192: 0:256: 40: Zero [0: / 45: / 0: / 0: / 0: / 0:])

Drawing 13 B: (192: 256: 46: Zero [0: / 45: / 0: / 0: / 0: / 270: / 0:])

Drawing 13 C: (192: 256: 44: Zero [0: / 45: / 0: / 0: / 0: / 180: / 0:])

Drawing 13 D: (192: 0:256: 20: Zero [1: / 45: / 0: / 0: / 0: / 0:])

Drawing 13 E: (192: 256: 26: Zero [1: / 45: / 0: / 0: / 0: / 270: / 0:])

Drawing 13 F: (192: 256: 24: Zero [1: / 45: / 0: / 0: / 0: / 180: / 0:])

It becomes.

[0060] Drawing 14 A is the picture which installed the video camera in the starting point and was shaken at the right 45 degrees to the front wall drawing 14 B is the picture shaken at the left 45 degrees to the wall right behind and drawing 14 C is the picture shaken at the right 45 degrees to the wall right behind. Thus although drawing 14 A drawing 14 B and drawing 14 C put a transverse plane the right and right behind and a picture in order their knot of each picture is unnatural like ****. Then it is drawing 14 D drawing 14 E and drawing 14 F that changed each into cylindrical coordinates.

[0061] The parameter at this time (pa: zz: qa:imax:jmax:lgnum:sel:thh: 2 [xx: / yy:])

Drawing 13 A: (47:0:45:0:0:0:-45:0:256:192: Zero)

Drawing 13 B: (45:0:45:0:0:0:-135:0:256:192: Zero)

Drawing 13 C: (192: 256: 43: Zero [0: / 45: / 0: / 0: / 0: / 135: / 0:])

Drawing 13 D: (27:1:45:0:0:0:-45:0:256:192: Zero)

Drawing 13 E: (25:1:45:0:0:0:-135:0:256:192: Zero)

Drawing 13 F: (192: 256: 23: Zero [1: / 45: / 0: / 0: / 0: / 135: / 0:])

It becomes.

[0062] Thus when an omnidirection is photoed for cylinder conversion or surface-of-a-sphere conversion a line straight originally distorts and is displayed. However if it changes into cylindrical coordinates a boundary will be connected smoothly and

boundary processing will be attained.

[0063]Nextan example of the conversion from a picture in the picture of plane coordinates of cylindrical coordinates is explained. There is a cylindrical picture mentioned above and the pixel (tv) is contained in the two-dimensional memory space of $t=0 - t_{\max}-1$ $v=0 - v_{\max}-1$.

[0064]Angles are $-\theta_H - \theta_H$ (deg) and height of size is $-L_v - L_v$ (mm). It considers outputting a plane picture to the two-dimensional memory space of $ib=0 - ib_{\max}-1$ $jb=0 - jb_{\max}-1$ now.

[0065]An aspect ratio is made into $Ab=ib_{\max}/jb_{\max}$ and sets a cylindrical radius to L (any value is good) temporarily. Then the size of the h-v flat surface in the distance of L is $L_{hb}=L \cdot \tan(\theta_{hb})$.

It becomes $L_{vb}=L_{hb}/Ab$.

[0066]When ib and jb are decided according to its intersection ($hb1vb1$) with a h-v flat surface is $hb1=(ib-ib_{\max}/2+0.5) - (2 \text{ and } L_{hb}/ib_{\max})$ like a formula (3) and a formula (4).

$vb1=(jb-jb_{\max}/2+0.5) - (2 \text{ and } L_{vb}/jb_{\max})$

** -- it is decided like.

[0067]Then it is decided like the formula (5) which mentioned above the longitude P1 and the latitude Q1 a formula (6) and a formula (7). And if the direction vector of (P1Q1) is expressed with rectangular coordinates (xyz) it will ask by the formula (8) mentioned above the formula (9) and a formula (10).

[0068]Here when only Qb rotates the surroundings of a x axis the tips of a direction vector of a video camera are $x2=x1y2=y1\cos(Qb)+z1$ and $\sin(Qb)$.

$z2=-y1\sin(Qb)+z1$ and $\cos(Qb)$

It becomes.

[0069]The tips of a direction vector of a video camera are $x3=x2\cos(Pb)+y2$ and $\sin(Pb)$ at the time of ** in which only Pb rotated the surroundings of the z-axis.

$y3=-x2\sin(Pb)+y2$ and $\cos(Pb)$

It is set to $z3=z2$.

[0070]The vertical position v2 and the longitude P2 of the point that the extension wire of this direction vector crosses a cylinder are $v2=L-z3 / \sqrt{x3^2+y3^2}$.

$P2=\pi / 2 - \tan^{-1}(y3/x3)$

It becomes.

[0071]It is set to $i = (P2 \text{ and } t_{\max}/\theta_H + t_{\max}-1) / 2$ $j = (v2 \text{ and } v_{\max}/L_v + v_{\max}-1) / 2$ like a formula (21) and a formula (22) where [of memory space (tv)] this corresponds.

[0072]These formulas are formulas which search for the point (ij) which actually extended the coordinates of the output picture corresponding to a direction (P1Q1). If an integer (ibjb) is given a direction (P1Q1) is searched for and the real number (ij) can be found further next a complement operation will be performed from a number of points of the integer surrounding that point and it will use this value as the data of the point (ibjb) of cylindrical coordinates.

[0073]An example which actually performed conversion to cylindrical coordinates is shown in drawing 15 and drawing 16. Drawing 15 A is the picture which took a picture of a front wall by field angle p-p of 90 degrees and drawing 15 B changes the picture of drawing 15 A into cylindrical coordinates. Each of drawing 15 C - drawing 15 G is transformed inversely at a flat surface by considering drawing 15 B as an input. Drawing 15 C is the completely same picture as drawing 15 A. Drawing 15 D is changed as the 45-degree left was seen. Drawing 15 E is changed as a 20-degree top was seen and drawing 15 F is the picture changed as the bottom of 20 degrees was seen. Drawing 15 G is on the 20-degree left and 20 degrees and is the picture which made the field angle narrow to 40-degrees and looked at it.

[0074]Drawing 16 A is the picture photographed toward the 45-degree right and drawing 16 B changes the picture of drawing 16 A into cylindrical coordinates. Each of drawing 16 C - drawing 16 G is transformed inversely at a flat surface by considering drawing 16 B as an input. Drawing 16 C is the completely same picture as drawing 16 A. Drawing 16 D is changed as the 45-degree left was seen. Drawing 16 E is changed as a 20-degree top was seen and drawing 16 F is the picture changed as the bottom of 20 degrees was seen. Drawing 16 G is on the 20-degree left and 20 degrees and is the picture which made the field angle narrow to 40-degrees and looked at it.

[0075]Thus it is also convertible as the picture of the wall whose picture was taken from across was seen from the transverse plane. Although this method has an advantage which overlaps and does not occupy a memory in order to perform conversion twice there is a fault with much image quality deterioration.

[0076]Thus when displaying the whole it is unavoidable but when it is an enlarged display it returns and displays on a plane picture from a cylinder picture. Namely it displays by performing flat-surface conversion which suited the field angle at that time at the degree of scaling whenever it was scrolling. When it carries out like this it is visible as if it was looking with the field angle from the place even if it saw which scene.

[0077]In one embodiment mentioned above although the mirror block 18 was used as an optical axis converting means as long as direction of not only this but an optic axis is changeable what kind of thing may be used. For example in order to change direction of an optic axis it may be made to drive a CCD image sensor to horizontal and a perpendicular direction.

[0078]Other examples of the optical axis converting means are shown in drawing 17. CCD and a lens are [camera block 61] united. The motor 62 for latitude is fixed to the whole surface of the movable frame 63 of a frame form. It lets the axis 64 of the motor 62 for latitude pass via the bearing 65 of the opposed face of the movable frame 63 and the camera block 61 is fixed to the abbreviated center of the axis 64. By the motor 62 for latitude the camera block 61 can be rotated and an optic axis can be changed to a sliding direction.

[0079]The fixed frame 66 of a frame form is formed so that the periphery of the

movable frame 63 may be surrounded. The motor 67 for longitude is fixed to the undersurface of the fixed frame 66. The axis of the motor 67 for longitude is fixed to the movable frame 63. In order to attach the movable frame 63 rotatable an axis and the bearing 68 are formed in the opposed face of the fixed frame 66. By the motor 67 for longitude the movable frame 63 can be rotated and an optic axis can be changed to a longitudinal direction. Thus an optic axis is changeable vertically and horizontally by rotating as a center the axis which intersects perpendicularly mutually the camera block 61 arranged at the center of the fixed frame 66.

[0080] According to this one embodiment by changing a lens into a looking-far state the field angle of a picture is narrowed as much as possible and that part and number of sheets are increased and photoed. If it carries out like this the influence of azimuth difference can be made to ***** inside.

[0081] According to this one embodiment it is limited to the photographic subject which is standing it still since the full screen cannot be photographed in an instant. However the still picture of high resolution can be obtained using the usual video camera. But in order to finish photographing as much as possible for a short time the working speed of a biaxial active mirror needs to be quick enough. According to this one embodiment as mentioned above the picture of 60 sheets can be photographed in 1 second.

[0082] According to this one embodiment the picture which stock photography also adjoins needs to secure some overlapped ranges. For this reason direction of the video camera of the moment of photographing each picture using two angular velocity sensors is detected and a photograph is taken controlling by a biaxial active mirror so that an optic axis turns to a right direction.

[0083] According to this one embodiment for performing still picture multi screen record without spoiling the performance of the recording animation of the present video camera at all it is considered as a removable adapter form. In this case in order for a CCD image sensor to also use the present field read-out type as field drawing was recorded and mentioned above the software of image processing needs to perform a vertical complement.

[0084] According to this one embodiment although the field read-out type CCD image sensor is used even if the performance of a recording animation is somewhat inferior when considering still picture multi screen record as a main function all the pixel CCD is used. By carrying out like this a vertical complement becomes unnecessary and vertical definition improves. Instead the sensitivity of the CCD image sensor of an animation deteriorates in an abbreviation half. At this time the interlace of an animation is possible.

[0085] At this one embodiment if even the speed of a biaxial active mirror is quick since it has the speed which can record the field drawing of 60 sheets in 1 second by using a recording animation machine as a base though it is a still picture recording apparatus it will live in photographing the still picture of one 300 times the pixel

number of this in 10 seconds. Since the part and time will be taken if an overlapping rate is increased in order to reduce the influence of azimuth difference the speed of record becomes still more important.

[0086] In this one embodiment although the personal computer was used as an example of a image-data-processing means it is good also as a video camera which has not only this but a image-data-processing means inside.

[0087]

[Effect of the Invention] If it depends on this invention when forming a panoramic image by connecting the picture of two or more sheets seamlessly resolution is preeminently good in order to take a photograph in the mode of narrow looking far of a field angle.

[0088] If it depends on this invention a perimeter panoramic exposure can be performed in one start stop operation. Of course it may not be the perimeter or may stop at arbitrary angles.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a block diagram showing one embodiment of the digital imaging device with which this invention is applied.

[Drawing 2] It is an outline view of an example of the digital imaging device with which this invention is applied.

[Drawing 3] It is an abbreviated complete diagram for explaining the photographing method of the perimeter of an example of this invention.

[Drawing 4] It is a flow chart of an example of the processing which generates the panoramic image in which this invention is applied.

[Drawing 5] It is an approximate line figure for explaining a multi screen.

[Drawing 6] It is an approximate line figure for explaining a multi screen.

[Drawing 7] It is an abbreviated complete diagram for explaining the relation between the coordinates of a CCD image sensor and the direction of light.

[Drawing 8] It is an approximate line figure for explaining a three-dimensional vector.

[Drawing 9] It is an approximate line figure showing one embodiment for photoing the wall of the room where this invention is applied.

[Drawing 10] It is an approximate line figure showing one embodiment of the photoed wall in which this invention is applied.

[Drawing 11] It is an approximate line figure showing one embodiment of the photoed wall in which this invention is applied.

[Drawing 12] It is an approximate line figure for explaining conversion from plane coordinates to cylindrical coordinates.

[Drawing 13] It is an approximate line figure showing one embodiment changed into cylindrical coordinates from the plane coordinates to which this invention is applied.

[Drawing 14]It is an approximate line figure showing one embodiment changed into cylindrical coordinates from the plane coordinates to which this invention is applied.

[Drawing 15]It is an approximate line figure showing one embodiment changed into plane coordinates from the cylindrical coordinates to which this invention is applied.

[Drawing 16]It is an approximate line figure showing one embodiment changed into plane coordinates from the cylindrical coordinates to which this invention is applied.

[Drawing 17]It is an approximate line figure showing other examples of the optical axis converting means applied to this invention.

[Description of Notations]

1 ... A photographic subject2 ... A lens block3 ... CCD image sensor4 [... Memory] ... A compression circuit5 ... A recording medium6 ... An expansion circuit7 8 [... An electronic shutter drive circuit13 / ... A sub-data additional circuit14 / ... A sub-data reading circuit15 / ... A system component16 / ... Operating system] ... A switch9 ... An electronic view finder11 ... A focus servo12

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-122521

(43)公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 N 5/225

H 0 4 N 5/225

Z

5/232

5/232

Z

5/765

5/782

K

5/92

5/92

H

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平10-147491

(71)出願人 000002185

(22)出願日 平成10年(1998) 5月28日

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6丁目 7番35号

(31)優先権主張番号 特願平9-216317

(72)発明者 山下 紀之

東京都品川区北品川 6丁目 7番35号 ソニ

(32)優先日 平 9 (1997) 8月11日

一株式会社内

(33)優先権主張国 日本 (J P)

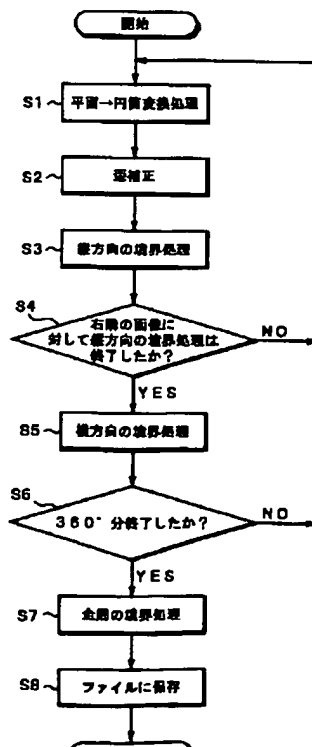
(74)代理人 弁理士 杉浦 正知

(54)【発明の名称】 デジタル撮像装置および撮像方法

(57)【要約】

【課題】 少ない操作で360度のパノラマ画像を得ることができる。

【解決手段】 撮影された画像に対して歪み補正が行われる (S1)。縦方向に最大5枚の画像をシームレスにつなぐ境界処理が行われる (S2)。その縦長の画像に対して平面座標から円筒座標への変換処理が行われる (S3)。右隣の画像に対して縦方向の境界処理が終了したか否かが判断され (S4)、終了していない場合、S1に制御が移り、終了している場合、S5へ制御が移る。2つの縦長の画像同士を横方向にシームレスにつなぐ境界処理が行われる (S5)。360度分の横方向の境界処理が終了したか否かが判断され (S6)、終了していない場合、S1に制御が移り、終了している場合、S7へ制御が移る。エンドレスにつなぐための境界処理が行われ、360度のパノラマ画像が生成される (S7)。そのパノラマ画像をファイルとして保存する (S8)。



【特許請求の範囲】

【請求項１】 記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置であって、

光軸走査ブロックを有し、

所定の枚数第１の方向に撮影し、

上記所定の枚数第１の方向の撮影が終了すると最後に撮影された画像の隣に光軸を変化させ、上記所定の枚数第１の方向に撮影するように、上記光軸走査ブロックによって、光軸を変化させ、

上記光軸の変化と対応させて、撮像装置本体を第２の方向に回転させ、互いに重複する部分を有する複数の撮像画像を得るようにしたことを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項２】 請求項１において、

上記光軸走査ブロックは、撮像装置本体に着脱可能となることを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項３】 請求項１において、

上記光軸走査ブロックは、

上記撮像装置本体を９０度回転させた状態でも使用するようにしたことを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項４】 請求項１において、

上記光軸走査ブロックを装着すると自動的に望遠の状態に切り替わるようにすることを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項５】 請求項１において、

緯度方向の角速度センサで緯度方向の手振れを検出し、上記手振れを打ち消すように上記光軸走査ブロックの動きを制御するようにしたことを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項６】 請求項１において、

経度方向の角速度センサで水平方向の回転の速さを検出し、記録する画像データと共に上記撮像装置本体の方向を示すデータを記録しておき、上記方向を再生後の画像処理時のパラメータとして使用するようにしたことを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項７】 請求項１において、

処理後に最終的に得られる画像の縦方向の画素数を単一画像の何倍にするかを予め指定するようにしたことを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項８】 記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置を使用した撮像方法であって、

光軸走査ブロックを有し、

所定の枚数第１の方向に撮影し、

上記所定の枚数第１の方向の撮影が終了すると最後に撮影された画像の隣に光軸を変化させ、上記所定の枚数第１の方向に撮影するように、上記光軸走査ブロックによって、光軸を変化させ、

上記光軸の変化と対応させて、撮像装置本体を第２の方向に回転させ、互いに重複する部分を有する複数の撮像画像を得るようにしたことを特徴とする撮像方法。

【請求項９】 記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置を使用した撮像方法であって、

上記複数の画像を撮像素子で撮影する時に、レンズを望遠状態とし、

上記画像データ処理手段の処理によって、複数の撮像画像をシームレスにつなぎ、高画質のパノラマ画像を生成するようにしたことを特徴とする撮像方法。

【請求項１０】 請求項９において、

上記パノラマ画像を再生する場合、シームレスにつながれた円筒画像から平面画像に変換し、表示するようにしたことを特徴とする撮像方法。

【請求項１１】 記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置であって、

撮像素子の光軸を水平方向および垂直方向に回転させる撮像素子支持部を有し、

所定の枚数第１の方向に撮影し、

上記所定の枚数第１の方向の撮影が終了すると最後に撮影された画像の隣に光軸を変化させ、上記所定の枚数第１の方向に撮影するように、上記撮像素子支持部によって、光軸を変化させ、互いに重複する部分を有する複数の撮像画像を得るようにしたことを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項１２】 記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置を使用した撮像方法であって、

撮像素子の光軸を水平方向および垂直方向に回転させる撮像素子支持部を有し、

所定の枚数第１の方向に撮影し、

上記所定の枚数第１の方向の撮影が終了すると最後に撮影された画像の隣に光軸を変化させ、上記所定の枚数第１の方向に撮影するように、上記撮像素子支持部によ

て、光軸を変化させ、互いに重複する部分を有する複数の撮像画像を得るようにしたことを特徴とする撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えばデジタルVCR（ビデオカセットレコーダ）に適用されるデジタル撮像装置に関するもので、特にパノラマ画像を容易に得ることができるデジタル撮像装置および撮像方法に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、静止画像を撮影し、その静止画像をコンピュータに取り込み、好みの処理を行うという使い方が定着しつつある。コンピュータ側の能力としては、ビットマップファイル（拡張子がBMP）を扱うアプリケーションソフトウェアが種々市販されていて、VGA（ $640 \times 480 = 30$ 万画素）の2.5倍のサイズ（ $3200 \times 2400 = 768$ 万画素）のものも表示することが可能である。この画像は、縦横それぞれ5倍に拡大しても十分な解像度が得られることは自明である。しかも拡大したまま上下左右にスクロールすることができるので地図や文章も見られるようになっている。

【0003】現在、このような多画素の静止画を撮影できる安価なビデオカメラが存在しない。しかし、やがて安価な多画素CCD撮像素子が作られ、この問題は解消されるであろう。ところが、CCD撮像素子がどんなに発達してもできないことがある。それは超広角写真や室内の床や天井を含む全方位撮影である。再生時に縦横にスクロールしながら全ての方向を見ようとすると必ず複数の画面を撮らなければならない。

【0004】レンズをズーム状態にしておき、緯度経度を自由に变化させることのできる2軸アクティブミラーで光軸を主に縦方向に素早く変化させながら、かつ、ビデオカメラの方向をゆっくりと変えながらマルチ画面を撮影する。こうして記録された複数枚の画像データをパソコン（パーソナルコンピュータ）に取り込み、付属の専用ソフトウェアにより光軸を振ったために起こる歪みの補正と境界をシームレスにつなぐ処理をし、さらに球面変換をすれば一枚の多画素広角静止画が得られる。但し、これらのソフトウェアは、撮影時の条件が悪いと正しく動作しない、遠景や平面画像は殆ど問題ないが、近距離でかつ奥行きのある被写体の場合、隣接する全ての画像のレンズの入射瞳が一致していないと視差のためシームレスにつなぐことができない。これは、ソフトウェアの問題ではなく、撮影時の問題である。これを解決するには入射瞳の位置を変えないようにしながらビデオカメラの方向を変える必要があるが、入射瞳の位置はズームでも変わるし、手持ちでは不可能である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来のビデオカメラでは、360度のパノラマ画像を撮影する場合、何回もシャッターを押さなければならなかった。そして、撮影された複数の画像を張り合わせるのに、つなぎ目がなかなかスムーズにつながらなかったため、かなり手間がかかった。

【0006】従って、この発明の目的は、少ない操作で360度のパノラマ画像を得ることが出来るデジタル撮像装置および撮像方法を提供することにある。

【0007】また、この発明の他の目的は、ズームにより得た複数のフィールド画像をシームレスにつなげることによってパノラマ画像を得る場合に、高画質のパノラマ画像を形成することができるデジタル撮像装置および撮像方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置であって、光軸走査ブロックを有し、所定の枚数第1の方向に撮影し、所定の枚数第1の方向の撮影が終了すると最後に撮影された画像の隣に光軸を変化させ、所定の枚数第1の方向に撮影するように、光軸走査ブロックによって、光軸を変化させ、光軸の変化と対応させて、撮像装置本体を第2の方向に回転させ、互いに重複する部分を有する複数の撮像画像を得るようにしたことを特徴とするデジタル撮像装置である。

【0009】請求項8に記載の発明は、記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置を使用した撮像方法であって、光軸走査ブロックを有し、所定の枚数第1の方向に撮影し、所定の枚数第1の方向の撮影が終了すると最後に撮影された画像の隣に光軸を変化させ、所定の枚数第1の方向に撮影するように、光軸走査ブロックによって、光軸を変化させ、光軸の変化と対応させて、撮像装置本体を第2の方向に回転させ、互いに重複する部分を有する複数の撮像画像を得るようにしたことを特徴とする撮像方法である。

【0010】請求項9に記載の発明は、記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置を使用した撮像方法であって、複数の画像を撮像素子で撮影する時に、レンズを望遠状態とし、画像データ処理手段の処理によって、複数の撮像画

像をシームレスにつなぎ、高画質のパノラマ画像を生成するようにしたことを特徴とする撮像方法である。

【0011】請求項11に記載の発明は、記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置であって、撮像素子の光軸を水平方向および垂直方向に回転させる撮像素子支持部を有し、所定の枚数第1の方向に撮影し、所定の枚数第1の方向の撮影が終了すると最後に撮影された画像の隣に光軸を変化させ、所定の枚数第1の方向に撮影するように、撮像素子支持部によって、光軸を変化させ、互いに重複する部分を有する複数の撮像画像を得るようにしたことを特徴とするデジタル撮像装置である。

【0012】請求項12に記載の発明は、記録時には、光軸を縦横に素早く変化させながら複数の画像を撮像素子で撮影し、撮像信号をデジタル画像圧縮して各種のサブデータと共に記録媒体に記録し、再生時には、画像伸長して画像データ処理手段にデータを送信する方式のデジタル撮像装置を使用した撮像方法であって、撮像素子の光軸を水平方向および垂直方向に回転させる撮像素子支持部を有し、所定の枚数第1の方向に撮影し、所定の枚数第1の方向の撮影が終了すると最後に撮影された画像の隣に光軸を変化させ、所定の枚数第1の方向に撮影するように、撮像素子支持部によって、光軸を変化させ、互いに重複する部分を有する複数の撮像画像を得るようにしたことを特徴とする撮像方法である。

【0013】レンズをズーム状態にしておき、緯度経度を自由に变化させることのできる2軸アクティブミラーで光軸を主に縦方向に素早く変化させながら、かつ、ビデオカメラの方向をゆっくりと変えながらマルチ画面を撮影する。こうして記録された複数枚の画像データをパソコン（画像データ処理手段）に取り込み、付属の専用ソフトウェアにより光軸を振ったために起こる歪みの補正と、円筒座標への変換と、境界をシームレスにつなぐ処理とを行うと、一枚の多画素広角静止画が得られる。この一枚の多画素広角静止画をスクロールの度にまたは拡大縮小の度にそのときの画角に合った平面画像に変換して表示する。また、レンズをズーム状態にすることによって、複数の画像を獲得するので、獲得した全ての画像をシームレスにつなぎ合わせることで高画質のパノラマ画像を形成することができる。さらに、2軸アクティブミラーの代わりに、水平方向および垂直方向に撮像素子を回転させ光軸を変化させる撮像素子支持部を設けることによって、マルチ画面を撮影することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明の一実施形態について図面を参照して説明する。図1は、この発明を適用

できるデジタル撮像装置の一実施形態を示すブロック図である。まず、1で示す被写体は、ミラーブロック18を介してレンズブロック2へ入射される。ミラーブロック18は、後述するように着脱可能であり、90°回転させることも可能なものである。レンズブロック2は、フォーカスサーボ11によって駆動される。そのフォーカスサーボ11は、シスコン（システムコントローラ）15によって制御される。レンズブロック2に入射された被写体1は、CCD撮像素子3へ供給される。

【0015】CCD撮像素子3は、被写体1からの入射光が電荷として蓄積される。電子シャッター駆動回路12には、シスコン15からの制御信号が供給され、電子シャッター駆動回路12によって、CCD撮像素子3の電子シャッターのオン/オフが制御される。これによって、CCD撮像素子3の電子シャッターが駆動され、供給された被写体1が、上述したように、取り込まれる。取り込まれた被写体1は、A/D変換器（図示せず）によりデジタル化され、デジタル撮像信号（以下、画像信号と称する）として、圧縮回路4を介して一旦画像メモリ7に供給されるとともに、スイッチ8の記録端子（Rec）にも供給される。

【0016】スイッチ8を介して画像信号は、電子ビューファインダ（EVF）9へ表示されるとともに、ビデオ出力端子10を介して、例えば外部のパソコンへ出力される。電子ビューファインダ9は、一例として液晶ディスプレイからなる。

【0017】画像メモリ7は、数フィールドの画像を記憶する容量を有する。この画像メモリ7に記憶された画像信号は、圧縮回路4によって順次圧縮処理が施される。一例として、静止画として取り込まれた画像に対してJPEG（Joint Photographic Experts Group）が施され、動画として取り込む画像に対してMPEG（Moving Picture Experts Group）が施される。生成された圧縮画像信号に対して、サブデータ付加回路13からのサブデータが付加される。サブデータが付加された圧縮画像信号は、記録媒体5に供給される。サブデータ付加回路13から供給されるサブデータは、例えば日付、時刻、フォーカス状態、シャッター速度、絞りの状態、総枚数、何枚目、方向、・・・等の画像信号が撮影されたときの情報である。記録媒体5に供給された圧縮画像信号とサブデータは、シスコン15の制御に従って記録される。この記録媒体5の一例として、半導体メモ리카ード、ディスク状記録媒体またはテープ状記録媒体等の記録媒体が使用可能である。

【0018】操作系16からの指定に応じたシスコン15の制御によって、記録媒体5から圧縮画像信号が読み出される。読み出された圧縮画像信号は、伸長回路6を介して一旦画像メモリ7へ供給される。伸長回路6によって、画像メモリ7に記録された圧縮画像信号に対して順次伸長処理が施され、おたがれ、DCEまたはMDE

Gの復号がなされる。さらに、圧縮画像信号から分離されたサブデータがサブデータ読み取り回路14へ供給される。伸長された画像信号は、伸長回路6からスイッチ8の再生端子(PB)へ供給される。サブデータ読み取り回路14では、供給されたサブデータから日付、時刻、フォーカス状態、シャッター速度、絞りの状態、総枚数、何枚目、方向、・・・等の情報が読み取られ、その情報は、シスコン15へ供給される。

【0019】具体的な動作を説明する。記録時には、電子ビューファインダ9を覗き、フォーカスを合わせ、操作系16に含まれる録画キーを押すと、被写体1は、レンズブロック2を通り、CCD撮像素子3に入射される。この撮像信号は、一旦画像メモリ7に記憶され、圧縮回路4によってJPEGまたはMPEGなどの画像圧縮の処理が順次行われる。そして、サブデータ付加回路13からの時刻や日時などに加え、絞りの状態、フォーカス状態、電子シャッター速度などのサブデータが圧縮画像信号に付加されてテープ、ディスクまたは半導体メモリ等の記録媒体5に記録される。

【0020】そして、再生時は、例えば記録媒体5から圧縮画像信号を読み出し、画像メモリ7に記録する。記録された圧縮画像信号は、伸長回路6によって画像信号に順次復調される。このとき、サブデータをサブデータ読み取り回路14で取り出し、目的の画像を電子ビューファインダ9およびビデオ出力端子10に出力する。

【0021】このデジタル撮像装置の外観の一例を図2に示す。図2に示すように撮像装置本体には、電子ビューファインダ9が配置され、さらに着脱可能なミラーブロック18を有している。図2Aに示すように、撮像装置本体は、ミラーブロック18を介して横長の画像を取り込むことができる。また、図2Bに示すように、撮像装置本体を90°回転させた状態でも、ミラーブロック18を撮像装置本体に装着することができる。この場合は、ミラーブロック18が90°回転されて取り付けられ、その装着によって、縦長の方向の画像を取り込むことができる。このとき、撮像装置本体に接続したままミラーブロック18を回転させても良いが、ミラーブロック18を取り外した後、取り付けるようにしても良い。

【0022】次に、縦横に光軸を素早く変化させながらマルチ画面を撮影することのできる、デジタル撮像装置(以下、ビデオカメラと称する)を用いて360度全周パノラマ画像の撮影を行う。ユーザは、レンズブロック2を縦長モードで装着し、縦枚数 N_v と重複率 K_h を有効枚数 $N_e = N_v \cdot (1 - K_h)$ が5を超えないように指定し、パノラマ撮影モードにして、スタートボタンを押して、ビデオカメラを持ったままゆっくり右回転する。1周余り回転したらストップボタンを押す。この撮影中に2軸アクティブミラーの光軸は、1フィールド単位で図2Aに示す1°、10°の位置に向く動作を繰り返す。

す。ミラーがこの動作をいている間にビデオカメラ全体が右方向に回転するので撮影された被写体は図3Bに示すようになり、全ての画面が重複部分を保ちながら、記録される。

【0023】回転する速さが適正のときは図3Bに示すようになるが、回転する速が遅いときは図3Cに示すようになる。このときは重複部分が多くなってテープ消費量が増えるだけで問題はない。しかしながら、回転する速さが早すぎると図3Dに示すようになり、重複部分が確保できなくなり、欠落部分を生じてしまう。

【0024】水平画角 $\theta_H = 5^\circ$ p-pを縦長モードにするとアスペクト比が4:3なら水平画角は $2 \cdot \theta_H \div 5 \times 3/4 = 3.75^\circ$ p-pとなる。縦枚数 $N_v = 5$ で重複率を $K_h = 20\%$ とすると全周に必要な枚数 N は、 $N = N_v \cdot 360 / (2 \cdot \theta_H \cdot (1 - K_h)) = 5 \times 360 / (3.75 \times 0.8) = 600$ 枚となる。

【0025】1秒当たりの撮像枚数を $f = 60$ (枚/秒)とすれば全周に必要な時間 T は、 $T = N / f = 600 / 60 = 10$ (秒)となる。

【0026】従って、90°回転する時間を表示し、(この場合2.5秒)絶対にこの値より速く回転させないように注意を促せば良い。推奨値は、5秒程度とする。また、奥行きのある場面を撮りたいときは視差の問題を軽減するため、 N_v 、 K_v 、 K_h を大きくし、時間をかけて撮れば良い。さらに、角速度センサを利用して撮影中の回転の速さを検出し、画像が欠落した可能性が高いときは取り直しを促す警告を画面内に表示する。

【0027】この一例では、縦方向にミラーを動作させ、横方向にビデオカメラを動作させているが、横方向にミラーを動作させ、縦方向にビデオカメラを動作させるようにしても良い。

【0028】こうして得られた平面画像の集合をパソコンに取り込み、そのパソコン上で各種の処理を専用ソフトウェアで行う一例を図4のフローチャートを用いて説明する。ステップS1では、撮影された画像に対して、後述するように平面座標から円筒座標への変換処理が行われる。ステップS2では、円筒座標に変換された画像に対して歪み補正が行われる。ステップS3では、縦方向に最大5枚の画像をシームレスにつなぐ境界処理が行われる。ステップS4では、境界処理が施された縦長の画像に対して右隣の画像と縦方向の境界処理が終了したか否かが判断され、縦方向の境界処理が終了していない場合、ステップS1に制御が移り、終了している場合、ステップS5へ制御が移る。

【0029】ステップS5では、2つの縦長の画像同志を横方向にシームレスにつなぐ境界処理が行われる。ステップS6では、360度分の横方向の境界処理が終了したか否かが判断され、360度分の横方向の境界処理

が終了していない場合、ステップS1に制御が移り、終了している場合、ステップS7へ制御が移る。ステップS7では、一周したところでエンドレスにつながるための境界処理が行われ、その結果、360度全周のパノラマ画像が生成される。ステップS8では、生成された1枚のパノラマ画像をファイルとして保存する。

【0030】画面上の表示について説明する。撮影時に1枚の画像は、水平画角3.75(deg)で480画素の解像度を有している。これを全周にわたってシームレス処理を行うと、 $(360/3.75) \times 480 = 46080$ 画素となる。縦方向には、5枚のマルチ画面で重複による有効率を80%とすると $640 \times 5 \times 0.8 = 2560$ 画素となつて、全体で117964800画素となる。縦横比は、1:18である。

【0031】全体表示をすると3段階に分かれて表示される。方位の目盛が同時に表示される。始点が0度で終点が360度になる。必要に応じて400度まで表示することができる。左上と右下は本来連続しているものがあるが、ファイル内では、始点と終点になっている。カラープリントをする場合、始点を自由に設定でき、表示もそれに依りて変わる。すなわち、相対方位の設定ができる。例えば、ある特定の位置を0度とし、右へ+180度まで表示し、左へ-180度まで表示することができる。

$$h1 = (i - 319.5) \cdot (L_H / 320) \quad (3)$$

$$v1 = (j - 239.5) \cdot (L_V / 240) \quad (4)$$

となる。但し、 i, j は整数であり、 $h1, v1$ は実数である。

【0035】また、CCD撮像素子上の座標と光の方向との関係を図7を用いて説明する。図7に従って、CCD撮像素子の $i-j$ 平面内の任意の点 (i, j) に対応している点 $(h1, v1)$ と光軸からの偏移との関係を求める。経度は、 $h1$ のみの関数であり、これを $P1$ とすれば、

$$P1 = \tan^{-1}(L/h1) \quad (5)$$

となり、図7中のAB間の距離は Li は、

$$x1 = \cos(P1) \cdot \cos(Q1) \quad (8)$$

$$y1 = \sin(P1) \cdot \cos(Q1) \quad (9)$$

$$z1 = \sin(Q1) \quad (10)$$

となる。

【0037】直交座標内でレンズを $-y$ の方向に $L2$ だけ平行移動したときレンズの位置 $O2$ は、

$$ox2 = 0$$

$$oy2 = -L2$$

$$oz2 = 0$$

となる。

【0038】そして、方向ベクトルの先端 $D2$ も $-y$ の方向に $L2$ だけ移動すると、

$$x2 = x1$$

$$y2 = y1 - L2$$

【0032】また、絶対方位を設定することもできる。東西南北の方向がわかっているときそれを設定すると方位目盛と東西南北が表示される。これらの方位目盛は、カラープリント時に併記することも削除することもできる。さらに、パソコンの画面上で、拡大ボタンを左クリックすると1ステップ拡大し、縮小ボタンを左クリックすると1ステップ縮小される。拡大された状態では画面上をドラッグすると縦横にスクロールすることができる。

【0033】ここで、マルチ画面の基礎として、被写体とCCD撮像素子の関係を図5を用いて説明する。図5に示すようにCCD撮像素子から L (mm)の距離にある横サイズ $2L_H$ 、縦サイズ $2L_V$ (mm)、アスペクト比 A の長方形の平面被写体が正しく撮影できる。水平画角 $2\theta_H$ (rad)のビデオカメラがある。すると、 $L_H = L \cdot \tan(\theta_H) \quad (1)$
 $L_V = L_H / A \quad (2)$ のように式が成り立つ。

【0034】この平面を $h-v$ 平面とし、図6Aに示すように中心に原点 $(0, 0)$ を配置する。 $h-v$ 平面上の $L_H \times L_V$ の領域を 640×480 に分けた網目の中心が図6BのようにCCD撮像素子上の $i=0 \sim 639, j=0 \sim 479$ に投影される。従って、座標 (i, j) と $(h1, v1)$ の関係は、

$$Li = L / \sin(P1) \quad (6)$$

であり、緯度は $h1, v1$ の関数となる。これを $Q1$ とすれば、

$$Q1 = \tan^{-1}(v1/Li) \quad (7)$$

となる。このように i, j が決まれば、それに対応する経度 $P1$ と緯度 $Q1$ が決まる。

【0036】次に、求められた経度 $P1$ と緯度 $Q1$ の方向を3次元ベクトルで表す。 $(P1, Q1)$ の方向ベクトル $D1$ (長さ1)を直交座標 (x, y, z) で表すと図8に示すように、

$$x2 = z1$$

となる。

【0039】ここでビデオカメラを x 軸のまわりに Qa だけ回転したときレンズの中心 $O3$ と方向ベクトルの先端 $D3$ は、

$$ox3 = ox2$$

$$oy3 = oy2 \cdot \cos(Qa) + oz2 \cdot \sin(Qa)$$

$$oz3 = -oy2 \cdot \sin(Qa) + oz2 \cdot \cos(Qa)$$

$$x3 = x2$$

$y_3 = y_2 \cdot \cos(Qa) + z_2 \cdot \sin(Qa)$
 $z_3 = -y_2 \cdot \sin(Qa) + z_2 \cdot \cos(Qa)$
 となる。

【0040】さらに、ビデオカメラをz軸まわりにPaだけ回転したときレンズの中心O4と方向ベクトルの先端D4は、

$ox_4 = ox_3 \cdot \cos(Pa) + oy_3 \cdot \sin(Pa)$

$oy_4 = -ox_3 \cdot \sin(Pa) + oy_3 \cdot \cos(Pa)$

$oz_4 = oz_3$

$x_4 = x_3 \cdot \cos(Pa) + y_3 \cdot \sin(Pa)$

$y_4 = -x_3 \cdot \sin(Pa) + y_3 \cdot \cos(Pa)$

$z_4 = z_3$

となる。

【0041】そして、さらに3方向にそれぞれxx、y、zだけ平行移動すると、

$ox_5 = ox_4 + xx$ (11)

$oy_5 = oy_4 + yy$ (12)

$oz_5 = oz_4 + zz$ (13)

$x_5 = x_4 + xx$ (14)

$y_5 = y_4 + yy$ (15)

$z_5 = z_4 + zz$ (16)

となる。

【0042】このようにして得られたO5、D5はレンズの前方L2(mm)の点を中心に方向を変え、さらに上下前後左右に移動したときのレンズの中心と方向を示している。

【0043】ここで、図9を用いて、直方体の部屋の中にビデオカメラがあることを想定して、壁や天井の模様がどのように見えるかシュミレーションを行う。図9Aに示す6つの面の模様を、図9Bに示すように全て白地に黒の格子とする。メモリ上の黒線の幅をbl=2とし、白部分の幅をwh=8とし、x方向の黒線の数をxlin=9とし、y方向の黒線の数をylin=11とし、z方向の黒線の数をzlin=7とする。するとメモ

(gnum:sel:thh: xx: yy: zz: pa: qa:imax:jmax:l2)

図10A: (0: 0: 45: 0: 1000: 0: 0: 0: 256: 192: 0)

図10B: (1: 0: 45: 0: -1000: 0: 180: 0: 256: 192: 0)

図10C: (2: 0: 45: 1000: 0: 0: 90: 0: 256: 192: 0)

図10D: (3: 0: 45: -1000: 0: 0: 270: 0: 256: 192: 0)

図10E: (4: 0: 45: 2000: 1000: 0: 0: 0: 256: 192: 0)

図10F: (5: 0: 45: 0: 1000: 2000: 0: 0: 256: 192: 0)

となる。

【0048】但し、gnum:ファイル番号、sel: 0:平面、1:円筒面、thh:水平画角の半分

(度)、xx:yy:zz:平行移動(mm)、pa:経度(0度が正面で左が正)、qa:緯度(0度が正面で上が正)、imax:jmax:画素数とする。また、l2は視点からモニターブロックまでの距離であり

メモリ上の3方向のサイズは、

$x_{siz} = x_{lin} \cdot (bl + wh) - wh = 82$

$y_{siz} = y_{lin} \cdot (bl + wh) - wh = 102$

$z_{siz} = z_{lin} \cdot (bl + wh) - wh = 62$

となる。

【0044】縦横の区別がわかるようにするため各面の1つの隅の白レベルを少し下げて目印とする。一方、実際のサイズを得るため2本の黒線の間隔kyori=1000.0(mm)を与えると実サイズの半値xmaxとメモリサイズxsizの比は、 $k2 = kyori / (2 \cdot (bl + wh))$ であり、部屋のサイズは、

$x_{max} = k2 \cdot x_{siz} = 4100$

$y_{max} = k2 \cdot y_{siz} = 5100$

$z_{max} = k2 \cdot z_{siz} = 3100$

となる。

【0045】この直方体の中心を原点にとり、各方向のサイズをそれぞれ±xmax、±ymax、±zmaxとする。そして、式(11)、式(12)、式(13)、式(14)、式(15)、式(16)のO5からD5に向かう直線がこの直方体に交わる点のメモリの値を出力画像とすることによって、見た通りの画像が生成できる。あとは各パラメータを変えながら表示すればアニメーション的な動きを見ることが出来る。

【0046】図10A、図10B、図10C、図10Dは、正面、真後ろ、左、右のそれぞれの壁から水平サイズが丁度になる位置にビデオカメラを置いたときの画像である。具体的には、図10Aは、ビデオカメラから供給される正面の壁の画像であり、図10Bは、真後ろの壁の画像である。図10Cは、左の壁の画像であり、図10Dは、右の壁の画像である。図10Eは、正面の壁に対して右に2m平行移動したビデオカメラから得られた画像であり、図10Fは、正面の壁に対して上に2m平行移動したビデオカメラから得られた画像である。

【0047】そして、各画像が撮影されたときのパラメータは、

実際には、視点からl2の点を中心に光軸が回転するので、視差の影響がある。しかしながら、この一例では、擬似的に0として計算する。

【0049】図11Aは、正面の壁に対して上に45度振ったビデオカメラから得られた画像であり、図11Bは、正面の壁に対して下に45度振ったビデオカメラから得られた画像であり、図11Cは、正面の壁に対して

左に45度振ったビデオカメラから得られた画像であり、図11Dは、正面の壁に対して右に45度振ったビデオカメラから得られた画像である。図11Eは、正面の壁に対して左上に45度振ったビデオカメラから得られた画像であり、図11Fは、正面の壁に対して右上に45度振ったビデオカメラから得られた画像であり、図

11Gは、正面の壁に対して左下に45度振ったビデオカメラから得られた画像であり、図11Hは、正面の壁に対して右下に45度振ったビデオカメラから得られた画像である。

【0050】このときのパラメータは、

	(gnum:sel:thh: xx: yy: zz: pa: qa:imax:jmax:l2)
図11A:	(6: 0: 45: 0: 0: 0: 0: 45: 256: 192: 0)
図11B:	(7: 0: 45: 0: 0: 0: 0: -45: 256: 192: 0)
図11C:	(8: 0: 45: 0: 0: 0: 45: 0: 256: 192: 0)
図11D:	(9: 0: 45: 0: 0: 0: -45: 0: 256: 192: 0)
図11E:	(10: 0: 45: 0: 0: 0: 45: 45: 256: 192: 0)
図11F:	(11: 0: 45: 0: 0: 0: 45: -45: 256: 192: 0)
図11G:	(12: 0: 45: 0: 0: 0: -45: 45: 256: 192: 0)
図11H:	(13: 0: 45: 0: 0: 0: -45: -45: 256: 192: 0)

となる。

【0051】ビデオカメラの方向を変えて撮った複数の画像をシームレスにつなぐ場合、横軸を直線距離とするより角度とした方が便利である。そこで、平面画像を円筒面に投影する変換を行う。上述と同様に、水平画角 $2\theta_H$ (rad)、アスペクト比Aのビデオカメラがある。図12Bに示すようにL (mm) の距離のh-v平面が $L_H \times L_V$ のサイズで撮れるようになっている。式

$$x = (t - (t_{\max} - 1) / 2) \cdot (2 \cdot \theta_H / t_{\max}) \quad (17)$$

$$y = (v - (v_{\max} - 1) / 2) \cdot (2 \cdot L_V / v_{\max}) \quad (18)$$

となる。

【0053】経度P1を図12Bのように決めると、

$$P1 = \pi / 2 - x \quad (19)$$

となる。

【0054】緯度Q1は、

$$Q1 = \tan^{-1}(y / L) \quad (20)$$

となる。

【0055】式(17)、式(18)、式(19)、式(20)は、任意の画素(t, v)に対応する方向(P

$$i = (h4 \cdot t_{\max} / L_H + t_{\max} - 1) / 2 \quad (21)$$

$$j = (v4 \cdot v_{\max} / L_V + v_{\max} - 1) / 2 \quad (22)$$

となる。

【0057】これらの式は、方向(P1, Q1)に対応するCCD撮像素子上の座標を実数に拡張した点(i, j)を求める式である。整数(t, v)を与えて方向(P1, Q1)を求め、さらに実数(i, j)が求めたら、次はその点を囲む整数の何点かから補完演算を行い、この値を円筒座標の点(t, v)のデータとする。

【0058】図13および図14に実際に円筒座標への変換を行った一例を示す。図13Aは、原点にビデオカ

(1)、式(2)で示すように、この光線を半径L (mm) の円筒面に投影し、これを単に平面状に拡げたものをx-y平面とする(図12A)。これを整数 $t_{\max} \times v_{\max}$ の網目状の画素(t, v)に投影する(図12C)。

【0052】t, vを決めるとそれに対応するx, yは、

1, Q1)を求める方法を示している。一方、(P1, Q1)の方向がh-v平面と交わる座標(h4, v4)は、

$$h4 = L / \tan(P1)$$

$$v4 = L \cdot \tan(Q1) / \sin(P1)$$

である。

【0056】これとCCD撮像素子の画素(i, j)との関係は式(3)、式(4)から得られ、

メラを設置し、正面の壁の画像を撮影したものであり、図13Bは、右の壁の画像を撮影したものであり、図13Cは、真後ろの壁を撮影したものである。このように、図13A、図13B、図13Cは、正面、右、真後ろと画像を並べたものであるが、各画像のつながりが不自然である。そこで、それぞれを円筒座標に変換したものが図13D、図13E、図13Fである。

【0059】このときのパラメータは、

	(gnum:sel:thh: xx: yy: zz: pa: qa:imax:jmax:l2)
図13A:	(40: 0: 45: 0: 0: 0: 0: 0: 256: 192: 0)
図13B:	(46: 0: 45: 0: 0: 0: 270: 0: 256: 192: 0)
図13C:	(44: 0: 45: 0: 0: 0: 180: 0: 256: 192: 0)
図13D:	(20: 1: 45: 0: 0: 0: 0: 0: 256: 192: 0)

図13E: (26: 1: 45: 0: 0: 0: 270: 0: 256: 192: 0)
 図13F: (24: 1: 45: 0: 0: 0: 180: 0: 256: 192: 0)

となる。

【0060】図14Aは、原点にビデオカメラを設置し、正面の壁に対して右に45度振った画像であり、図14Bは、真後ろの壁に対して45度左に振った画像であり、図14Cは、真後ろの壁に対して右に45度振った画像である。このように、図14A、図14B、図1

(gnum:sel:thh: xx: yy: zz: pa: qa:imax:jmax:l2)
 図13A: (47: 0: 45: 0: 0: 0: -45: 0: 256: 192: 0)
 図13B: (45: 0: 45: 0: 0: 0: -135: 0: 256: 192: 0)
 図13C: (43: 0: 45: 0: 0: 0: 135: 0: 256: 192: 0)
 図13D: (27: 1: 45: 0: 0: 0: -45: 0: 256: 192: 0)
 図13E: (25: 1: 45: 0: 0: 0: -135: 0: 256: 192: 0)
 図13F: (23: 1: 45: 0: 0: 0: 135: 0: 256: 192: 0)

となる。

【0062】このように、全方位撮影した場合、円筒変換または球面変換のため本来真っ直ぐな線が歪曲して表示される。しかしながら、円筒座標に変換すると境界が滑らかにつながり、境界処理が可能になる。

【0063】次に、円筒座標の画像から平面座標の画像への変換の一例を説明する。上述した円筒状の画像があり、その画素 (t, v) が

$t = 0 \sim t_{\max} - 1$
 $v = 0 \sim v_{\max} - 1$

の2次元メモリ空間に入っている。

【0064】サイズは、角度が $-\theta_H \sim \theta_H$ (deg) であり、高さが $-L_V \sim L_V$ (mm) である。今、

$i_b = 0 \sim i_{b\max} - 1$
 $j_b = 0 \sim j_{b\max} - 1$

の2次元メモリ空間に平面画像を出力することを考える。

【0065】アスペクト比は、 $A_b = i_{b\max} / j_{b\max}$ とし、円筒の半径を仮にL (値は何でも良い) とする。するとLの距離にあるh-v平面のサイズは、
 $L_{hb} = L \cdot \tan(\theta_H)$
 $L_{vb} = L_{hb} / A_b$

となる。

【0066】 i_b 、 j_b を決めるとそれに応じてh-v平面との交点 ($hb1$, $vb1$) が式 (3)、式 (4) と同様にして、

$hb1 = (i_b - i_{b\max} / 2 + 0.5) \cdot (2 \cdot L_{hb} / i_{b\max})$
 $vb1 = (j_b - j_{b\max} / 2 + 0.5) \cdot (2 \cdot L_{vb} / j_{b\max})$

のように決まる。

【0067】すると、経度P1と緯度Q1とも上述した式 (5)、式 (6)、式 (7) のように決まる。そして、(P1, Q1) の方向ベクトルを直交座標 (x, y, z) で表す。

4Cは、正面、右、真後ろと画像を並べたものであるが、上述と同様に、各画像のつなぎ目が不自然である。そこで、それぞれを円筒座標に変換したものが図14D、図14E、図14Fである。

【0061】このときのパラメータは、

(10) で求められる。
 【0068】ここで、ビデオカメラがx軸のまわりをQbだけ回転したとき方向ベクトルの先端は、

$x_2 = x_1$
 $y_2 = y_1 \cdot \cos(Qb) + z_1 \cdot \sin(Qb)$
 $z_2 = -y_1 \cdot \sin(Qb) + z_1 \cdot \cos(Qb)$
 となる。

【0069】さらに、ビデオカメラがz軸のまわりをPbだけ回転したとき方向ベクトルの先端は、

$x_3 = x_2 \cdot \cos(Pb) + y_2 \cdot \sin(Pb)$
 $y_3 = -x_2 \cdot \sin(Pb) + y_2 \cdot \cos(Pb)$
 $z_3 = z_2$
 となる。

【0070】この方向ベクトルの延長線が円筒に交わる点の垂直位置v2と経度P2は、

$v_2 = L \cdot z_3 / \sqrt{x_3^2 + y_3^2}$
 $P_2 = \pi / 2 - \tan^{-1}(y_3 / x_3)$
 となる。

【0071】さらに、これがメモリ空間 (t, v) のどこに相当するかは式 (21)、式 (22) と同様にし、

$i = (P_2 \cdot t_{\max} / \theta_H + t_{\max} - 1) / 2$
 $j = (v_2 \cdot v_{\max} / L_V + v_{\max} - 1) / 2$
 となる。

【0072】これらの式は、方向 (P1, Q1) に対応する出力画面の座標を実際に拡張した点 (i, j) を求める式である。整数 (i, j) を与えて方向 (P1, Q1) を求め、さらに実数 (i, j) が求まったら次はその点を囲む整数の何点かから補完演算を行い、この値を円筒座標の点 (i_b, j_b) のデータとする。

【0073】図15および図16に実際に円筒座標への変換を行った一例を示す。図15Aは正面の壁を画角90° p-pで撮った画像であり、図15Bは、図15Aの画像を円筒座標に変換したものである。図15C～図15Gは、それぞれ図15Bをさらに変換して平面に投影した

たものである。図15Cは、図15Aと全く同一の画像になっている。図15Dは、45°左を見たように変換されている。図15Eは、20°上を見たように変換され、図15Fは、20°下を見たように変換された画像である。図15Gは、20°左および20°上であって、画角を40°p-pに狭くして見た画像である。

【0074】図16Aは、45°右に向いて撮った画像であり、図16Bは、図16Aの画像を円筒座標に変換したものである。図16C～図16Gは、何れも図16Bを入力として平面に逆変換したものである。図16Cは、図16Aと全く同一の画像になっている。図16Dは、45°左を見たように変換されている。図16Eは、20°上を見たように変換され、図16Fは、20°下を見たように変換された画像である。図16Gは、20°左および20°上であって、画角を40°p-pに狭くして見た画像である。

【0075】このように斜めから撮った壁の画像を正面から見たように変換することもできる。この方法は、メモリを重複して占有しない利点があるが、2回変換を行うため画質劣化が多い欠点がある。

【0076】このように、全体を表示する場合はやむをえないが、拡大表示のときは、円筒画像から平面画像に戻して表示する。すなわち、スクロールの度にまたは拡大縮小の度にそのときの画角に合った平面変換を行って表示する。こうすると、どの場面を見てもあたかもその場所からその画角で見ているかのように見える。

【0077】上述した一実施形態では、光軸変換手段としてミラーブロック18を用いたが、これに限らず、光軸の向きを変えることができるものであればどのようなものでも良い。例えば、光軸の向きを変えるために、CCD撮像素子を水平方向および垂直方向に駆動するようにしても良い。

【0078】その光軸変換手段の他の例を図17に示す。カメラブロック61は、CCDとレンズが一体となっている。枠形の可動フレーム63の一面には、緯度用モータ62が固定される。緯度用モータ62の軸64は、可動フレーム63の対向面の軸受け65を介して通され、軸64の略中心にカメラブロック61が固定される。緯度用モータ62によって、カメラブロック61を回転させ、上下方向に光軸を変化させることができる。

【0079】可動フレーム63の外周を取り囲むように、枠形の固定フレーム66が設けられる。固定フレーム66の例えば下面には、経度用モータ67が固定される。経度用モータ67の軸は、可動フレーム63に固定される。固定フレーム66の対向面には、可動フレーム63を回動可能に取り付けるために、軸および軸受け68が設けられる。経度用モータ67によって、可動フレーム63を回転させ、左右方向に光軸を変化させることができる。このように、固定フレーム66の中心に配置したカメラブロック61を互いに回転する軸を中心とし

て回転させることによって、光軸を上下左右に変えることができる。

【0080】この一実施形態では、レンズを望遠状態とすることによって、画像の画角を極力狭くし、その分、枚数を増やして撮影する。こうすると視差の影響をなかり減少させることができる。

【0081】この一実施形態では、全画面を瞬時に撮れないため静止している被写体に限定される。しかしながら、通常のビデオカメラを使って高解像度の静止画を得ることができる。とはいえ、できるだけ短時間で撮り終えるため、2軸アクティブミラーの動作速度は十分に速い必要がある。この一実施形態では、上述したように1秒間に60枚の画像を撮ることができる。

【0082】この一実施形態では、手持ち撮影でも隣り合う画像が多少の重複領域を確保する必要がある。このために角速度センサを2個使って各画像を撮る瞬間のビデオカメラの向きを検出し、光軸が正しい方向を向くように2軸アクティブミラーで制御しながら撮影する。

【0083】この一実施形態では、現行のビデオカメラの動画記録の性能を全く損なわずに静止画マルチ画面記録を行うには着脱可能なアダプター形式としている。この場合、CCD撮像素子も現行のフィールド読み出しタイプを使うためフィールド画を記録し、上述したように画像処理のソフトウェアで縦補完を行う必要がある。

【0084】この一実施形態では、フィールド読み出しタイプのCCD撮像素子を使用しているが、動画記録の性能が多少劣っても静止画マルチ画面記録を主たる機能とする場合は全画素CCDを使用する。こうすることによって、縦補完が不要となり、垂直解像度が向上する。その代わり動画のCCD撮像素子の感度が約半分に劣化する。このとき、動画のインターレースは可能である。

【0085】この一実施形態では、静止画記録装置でありながら動画記録機をベースとすることによって、1秒間に60枚のフィールド画を記録できるスピードを有しているため2軸アクティブミラーのスピードさえ速ければ300倍の画素数の静止画を撮るのに10秒ですむ。また、視差の影響を軽減するために重複率を増やすとその分、時間がかかるため記録のスピードはさらに重要となる。

【0086】この一実施形態では、画像データ処理手段の一例としてパーソナルコンピュータを用いたが、これに限らず画像データ処理手段を内部に有するビデオカメラとしても良い。

【0087】

【発明の効果】この発明に依れば、複数枚の画像をシーームレスにつなぎ合わせることによってパノラマ画像を形成する時に、画角の狭い望遠のモードで撮影するため解像度が抜群に良い。

【0088】さらに、この発明に依れば、一回のスタートアップ操作で全図パノラマ撮影ができる。おまけ

ん、全周でなくても任意の角度でやめても良い。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明が適用されるデジタル撮像装置の一実施形態を示すブロック図である。

【図２】この発明が適用されるデジタル撮像装置の一例の外観図である。

【図３】この発明の一例の全周の撮影方法を説明するための略全図である。

【図４】この発明が適用されるパノラマ画像を生成する処理の一例のフローチャートである。

【図５】マルチ画面の説明をするための略線図である。

【図６】マルチ画面の説明をするための略線図である。

【図７】ＣＣＤ撮像素子の座標と光の方向との関係を説明するための略全図である。

【図８】３次元ベクトルを説明するための略線図である。

【図９】この発明が適用される部屋の内壁を撮影するための一実施形態を示す略線図である。

【図１０】この発明が適用される撮影された内壁の一実施形態を示す略線図である。

【図１１】この発明が適用される撮影された内壁の一実

施形態を示す略線図である。

【図１２】平面座標から円筒座標へ変換を説明するための略線図である。

【図１３】この発明が適用される平面座標から円筒座標へ変換された一実施形態を示す略線図である。

【図１４】この発明が適用される平面座標から円筒座標へ変換された一実施形態を示す略線図である。

【図１５】この発明が適用される円筒座標から平面座標へ変換された一実施形態を示す略線図である。

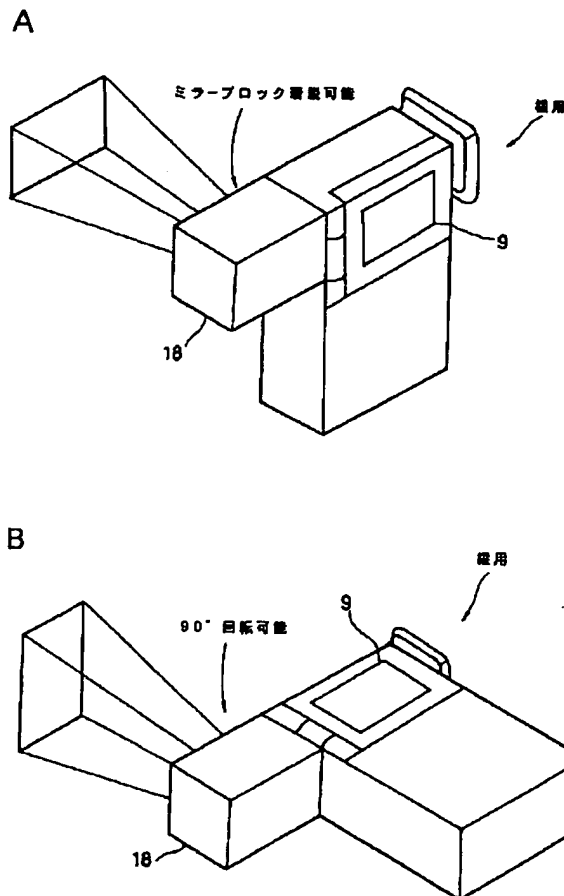
【図１６】この発明が適用される円筒座標から平面座標へ変換された一実施形態を示す略線図である。

【図１７】この発明に適用される光軸変換手段の他の例を示す略線図である。

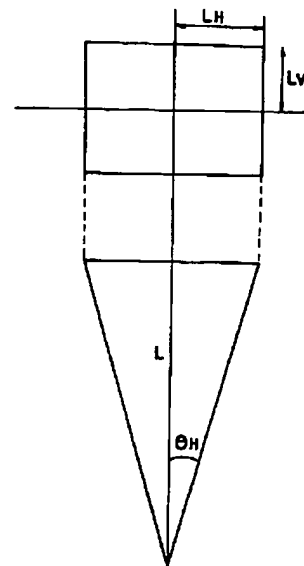
【符号の説明】

１・・・被写体、２・・・レンズブロック、３・・・ＣＣＤ撮像素子、４・・・圧縮回路、５・・・記録媒体、６・・・伸長回路、７・・・メモリ、８・・・スイッチ、９・・・電子ビューファインダ、１１・・・フォーカスサーボ、１２・・・電子シャッター駆動回路、１３・・・サブデータ付加回路、１４・・・サブデータ読み取り回路、１５・・・シスコン、１６・・・操作系

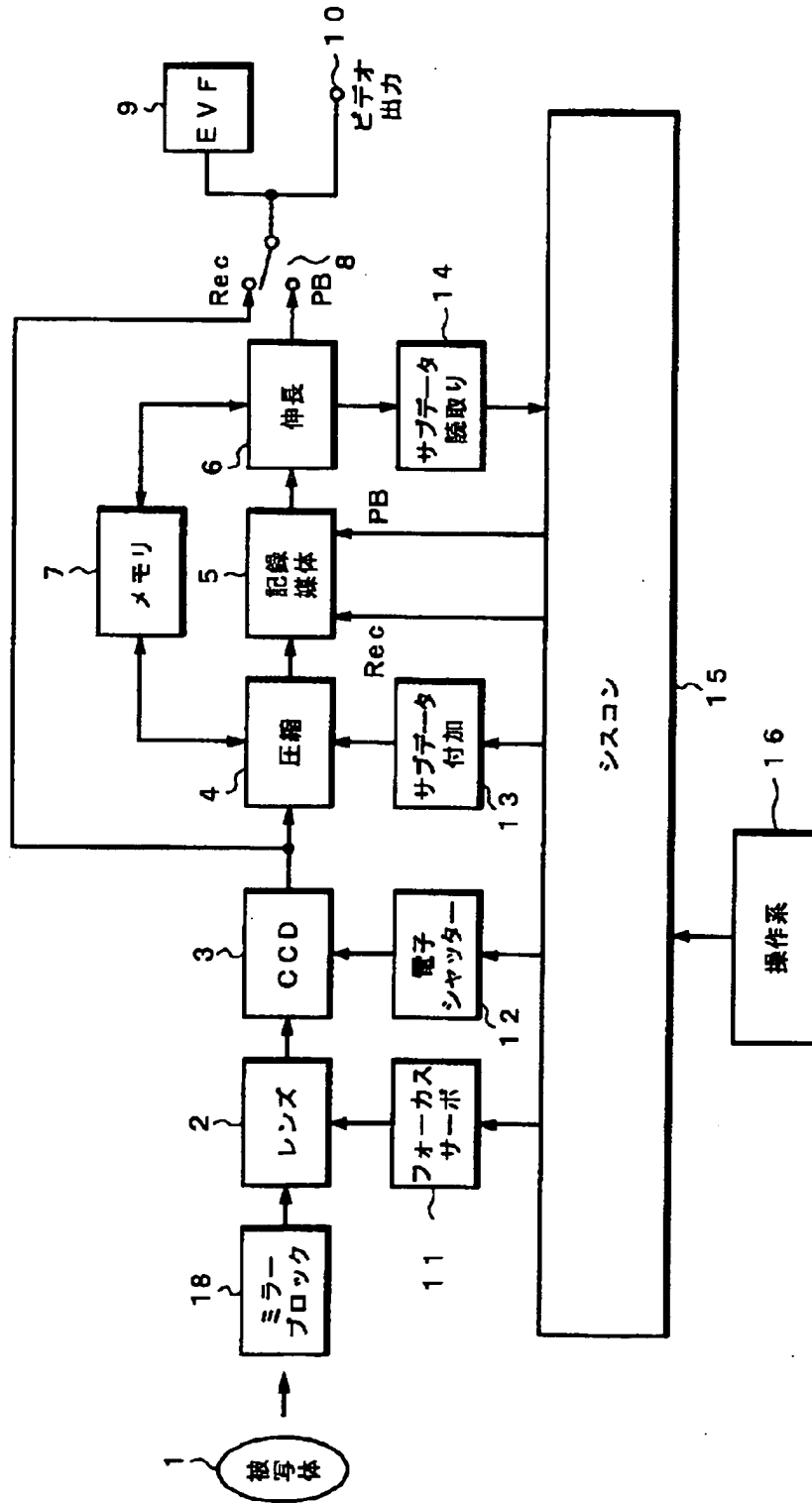
【図２】



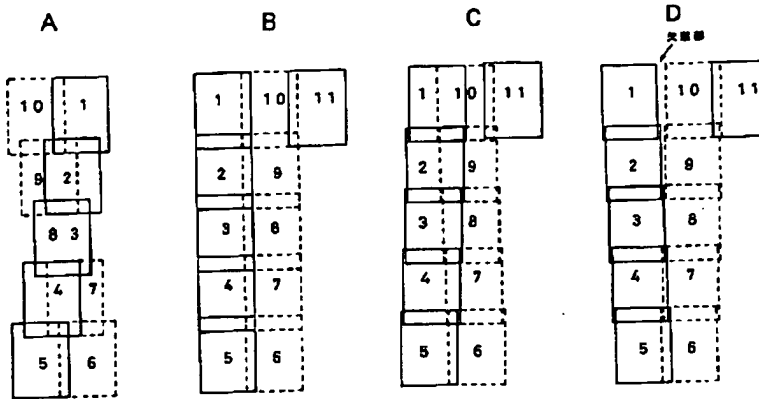
【図５】



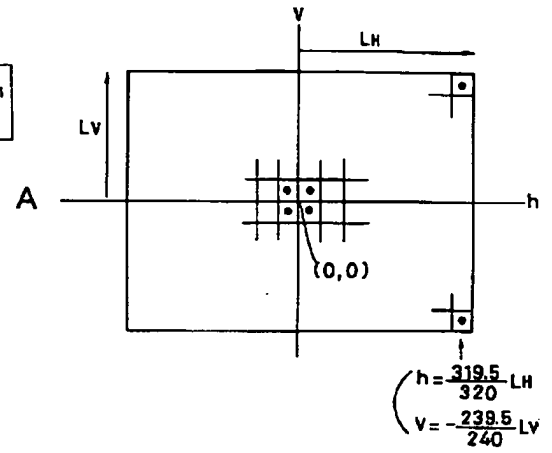
【図1】



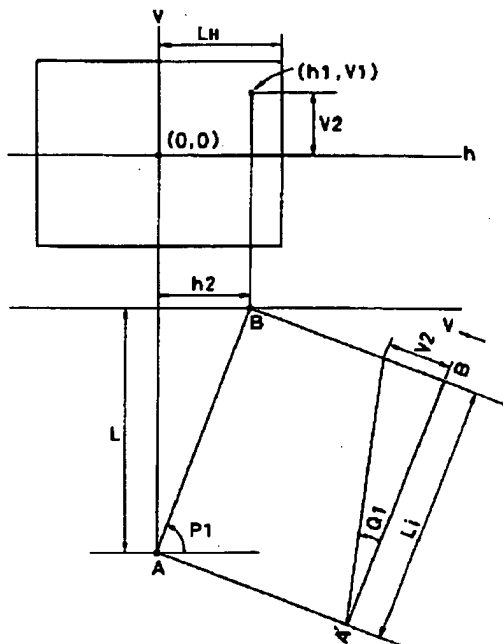
【図3】



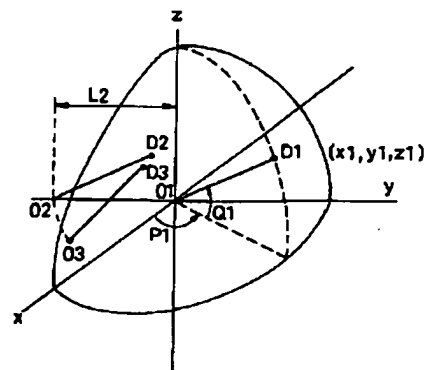
【図6】



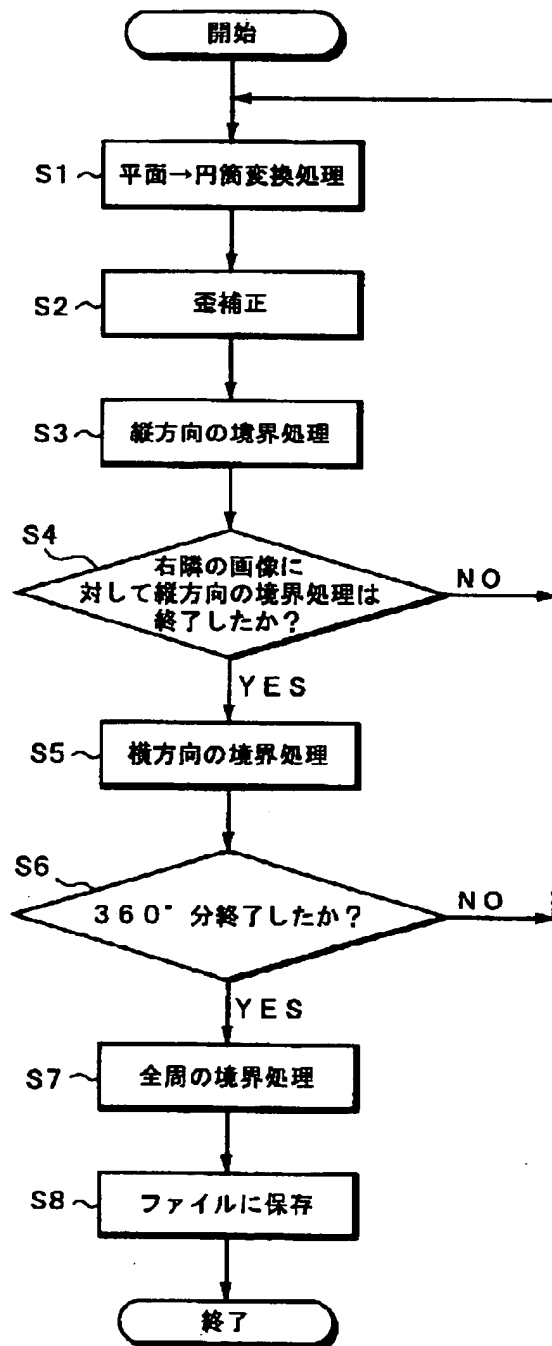
【図7】



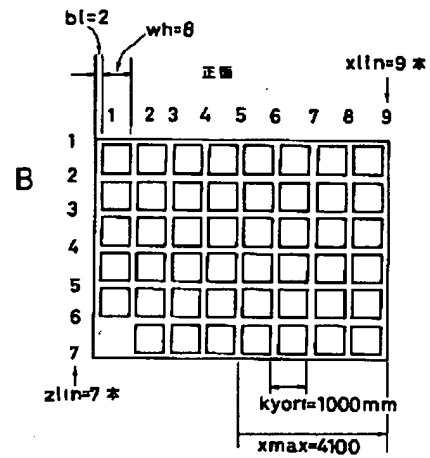
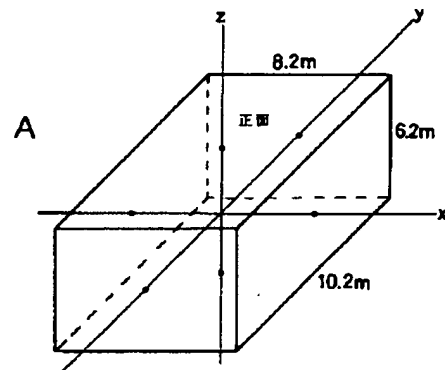
【図8】



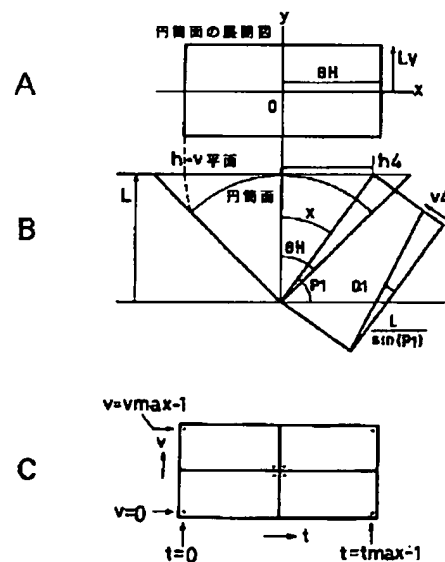
【図4】



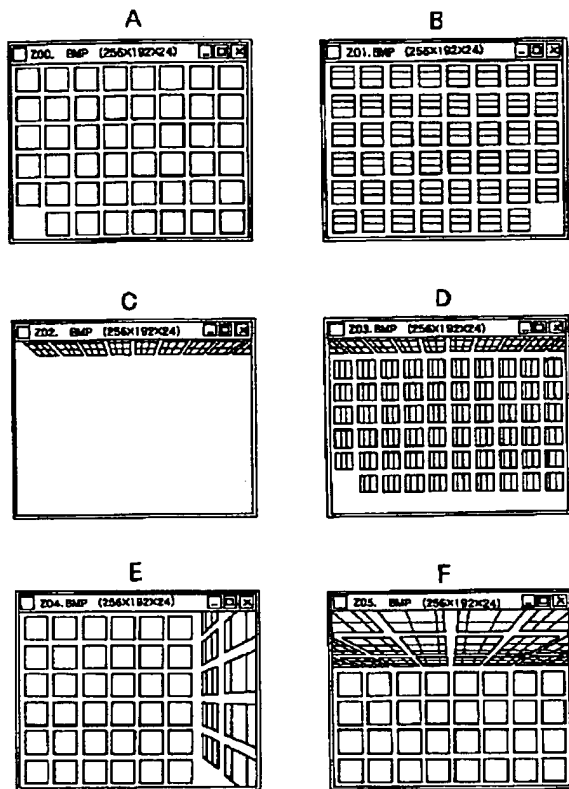
【図9】



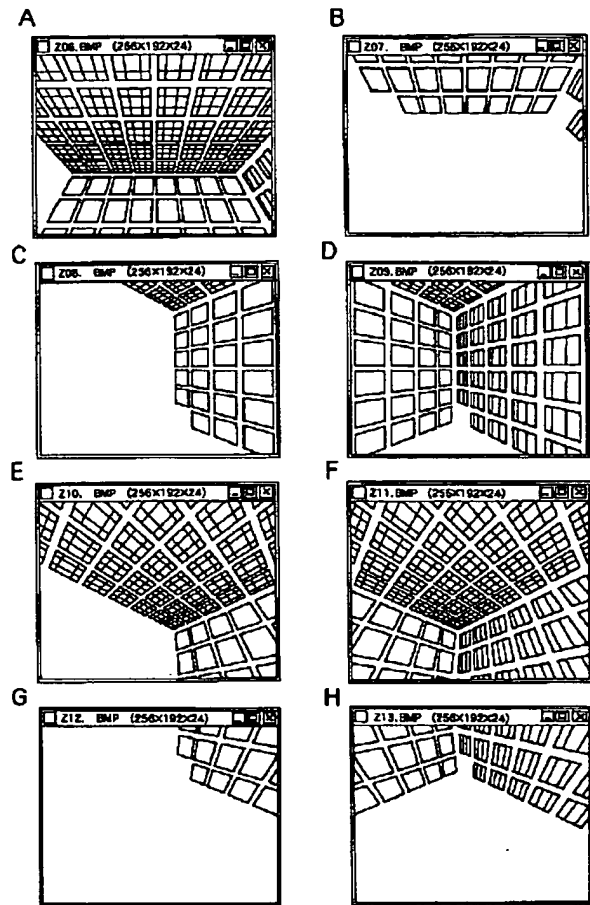
【図12】



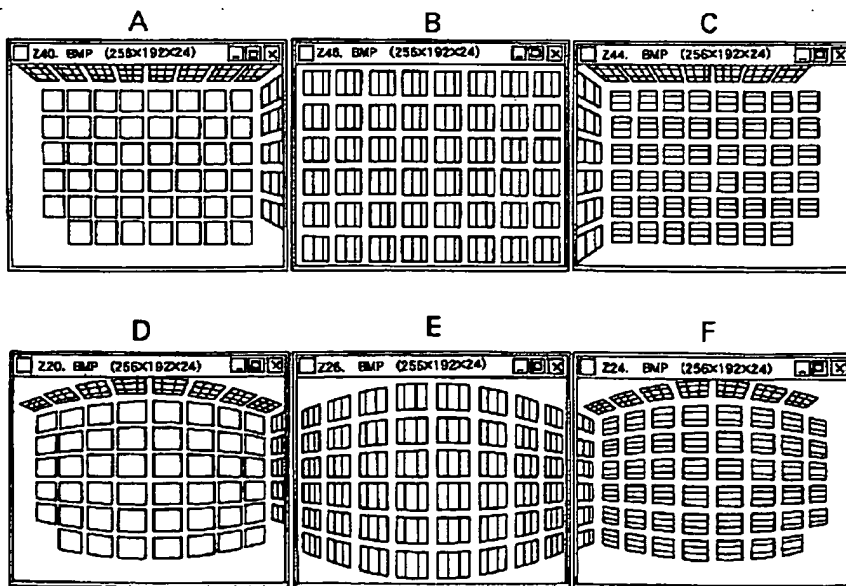
【図10】



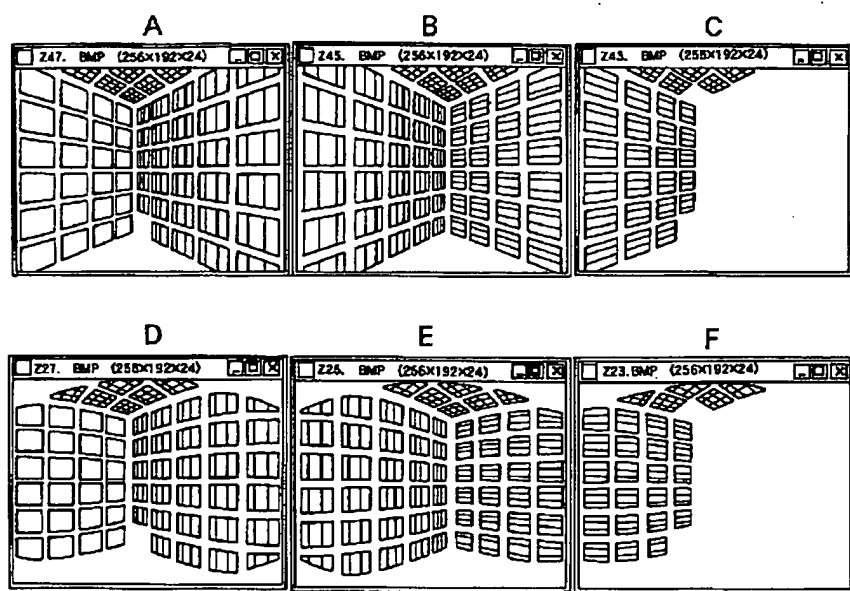
【図11】



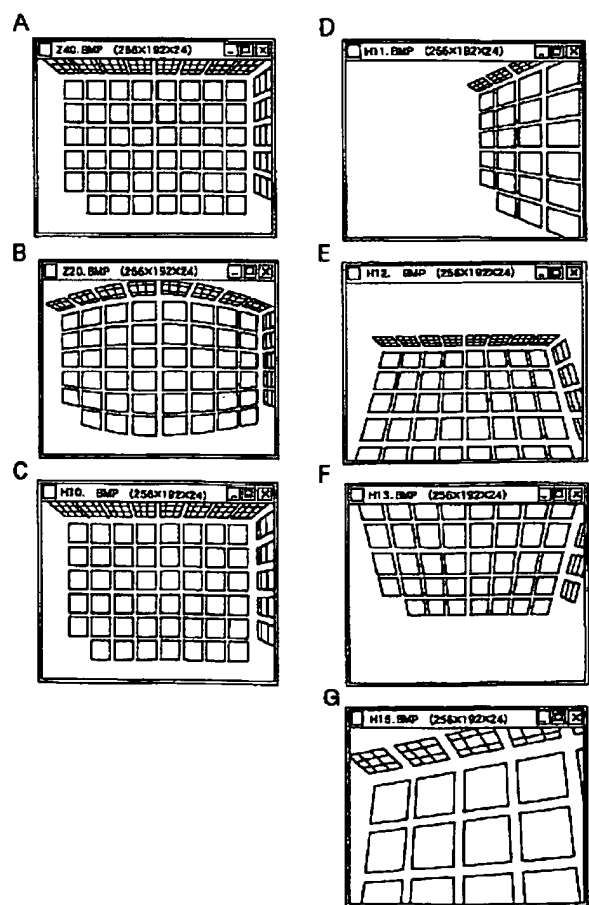
【図13】



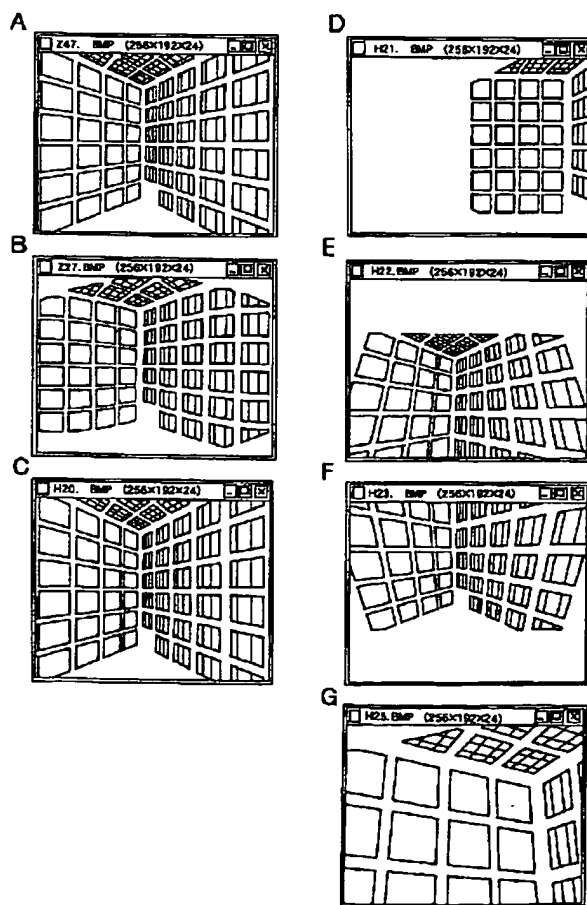
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

